

Das Salzgebirge und das Meer.

Von

Franz Toula,

o. ö. Professor an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Vortrag, gehalten den 11. März 1891.

Mit 4 Tabellen und 11 Abbildungen im Texte.

Wenn wir vom Salzgebirge sprechen, so darf dabei nicht an den geographischen Begriff „Gebirge“ gedacht werden, als einer Erhöhung gewisser Theile der Erdoberfläche über die umliegenden Länderstrecken, sondern es ist der Begriff „Gebirge“ in bergmännischem Sinne gemeint, als eine Gebirgsart, eine Gesteinsart, die zwischen andere Gesteinsbildungen eingeschlossen ist, und wobei es ganz gleichgiltig ist, ob dieselben auch ein Gebirge in orographischem Sinne mit zusammensetzen oder in einem vollkommen ausgeebneten Gebiete auftreten. — Dies sei allem anderen vorausgeschickt, um den Titel, welchen ich für meinen heutigen Vortrag wählte, nicht unklar erscheinen zu lassen.

Sollte ich die Wahl des Vortragsgegenstandes rechtfertigen müssen? Wenn ja, so sei nur angeführt, dass ich der Meinung war, die in den letzten zwei Jahrzehnten über dieses Thema erschienenen Arbeiten seien immerhin interessant genug, um auch vor den Mitgliedern unseres Vereines erörtert zu werden. Wenn auch diesmal das für den Vortrag zusammengestellte Manuscript über das Maß des thatsächlich während der Vortragsdauer zu bewältigenden Stoffes hinaus-

wuchs, so bedauere ich dies und wünsche nur, dass man es mir nicht allzusehr verübeln möge, wenn es so, wie es nun geworden ist, in Druck gelegt wird.

I. Das Salzgebirge.

Salzverbrauch. — Salzgewinnung. — Salzführende Formationen. — Salzberge. — Alpine Salzlager. — Salz in den Karpathenländern (Wieliczka, Bochnia, Kalusz, Vizakna, Maros Ujvar etc.). — Sprenberg. — Stassfurt-Egeln-Mulde.

Das Salz ist mehr als eine Würze, da ohne dasselbe der Mensch für die Dauer unmöglich bestehen könnte. Nach längerer Entbehrung stellt sich förmlicher Salzhunger ein, welcher auf das dringendste nach Befriedigung verlangt. Die Menge des verbrauchten Speisesalzes ist eine ganz ansehnliche. Wenn wir annehmen, dass sich der jährliche Salzbedarf eines Individuums auf nur 6 *kg* belaufen würde, und das entspricht den statistischen Darlegungen durchaus nicht ganz, da nur in Frankreich weniger (5·2 *kg*), sonst aber überall mehr: in Italien 6·25, in Deutschösterreich 7·7, in Russland 8·5, in England 12·5, in Nordamerika 15 *kg* jährlich auf den Kopf entfallen,¹⁾ und wenn wir

¹⁾ Nach Ochsenuis macht das Salz $\frac{2}{3}\%$ des menschlichen Körpers aus und verbraucht derselbe im Jahre 10% seines Gewichtes. Im Jahre 1889/90 wurden im deutschen Zollgebiete 364,667.000 *kg* Speisesalz verbraucht, das wären 7·293 *kg* für den Kopf.

weilers die Bevölkerungszahl der Erde mit rund 1500 Millionen annehmen, so ergibt sich daraus ein jährlicher Salzverbrauch von 9 Millionen Tonnen oder von beiläufig 4·2 Millionen Cubikmeter. Summiert man die Productionsmengen der Culturstaaten, für welche uns Angaben vorliegen, so gibt dies für

England (1888)	2,332.704	Tonnen
U. St. Nordamerika (1887) .	1,201.700	„
Russland (1882)	834.177	„
Deutschland (1884)	804.337	„
Frankreich (1882)	380.000	„
Österreich (1884)	264.771	„

Zusammen also 5,817.689 Tonnen Salz.

Fragen wir uns nun weiter, woher der Mensch diese so ansehnlichen Mengen Salz nimmt, so ist die Antwort: Er nimmt das Salz, wo er es findet, aus dem Steinsalzgebirge der Erde, aus Salzquellen, aus Salzseen und in großen Mengen direct aus dem Meere.

Aus dem Meere decken z. B. Frankreich, Spanien und Portugal die Hauptmengen ihres Salzbedarfes, ja diese Staaten sind in der Lage, noch große Mengen des so gewonnenen Salzes auszuführen. Russland dagegen deckt zwei Drittel seines Bedarfes aus dem Eltonsee in der kaspischen Niederung.

Die größte Menge des Salzes wird in den Culturländern jedoch immerhin durch Bergbau gewonnen, und geradezu erstaunlich sind die Mengen des Salzes, welche wir in den verschiedensten Theilen der Schichtgebilde unserer Erde antreffen. Wir ersehen aus

dieser einen Thatsache, dass die zur Salzbildung führenden Vorgänge nicht an eine bestimmte Zeit gebunden waren, sondern dass es in den verschiedensten Zeitaltern der Erdgeschichte, das einamal hier, das andere mal dort, zur Ablagerung von Steinsalz kam.¹⁾

Wir wollen in kurzer Übersicht einige dieser verschiedenalterigen Steinsalzablagerungen in Betracht ziehen, indem wir von den geologisch ältesten zu immer jüngeren Bildungen vorschreiten wollen.

Dem Ober-Silur gehören an das Salz von Pennsylvanien, Ohio, West-Virginien — (bei Abingdon liegt unter Gips und Mergel ein bei 186 Fuß Mächtigkeit noch nicht durchteuftes Lager) — von New-York und Michigan. Auch in Canada (zu Godewich) liegen 4·5—12 *m* mächtige Salzlagen im Silur.

Aus devonischen Schichten stammt das Salz der Salzquellen in Nowgorod und Lithauen, von Altsalza im Voigtlande, von Weidohl in Westphalen und von anderen Orten.

¹⁾ In früherer Zeit dachten manche, alles Steinsalz müsse einem bestimmten Horizonte angehören. Kleinschrod in seiner zusammenfassenden Schrift, die er der Übersetzung der Arbeit Cordier's über das Steinsalzgebirge von Cardona als eine Art Monographie über das Steinsalz beigab (Mineralogisches Taschenbuch 1821, S. 49—150), war z. B. der Meinung, dass alle Steinsalzlager der Erde einem und demselben geologischen Horizonte, und zwar dem Buntsandsteine zuzurechnen seien, sowohl jenes von Cardona, als auch jene von Wieliczka, dem Salzkammergute und von Hall in Tirol.

Dem Carbon rechnet man das Salz von Durham und Bristol in England zu.

Zur Dyas rechnet man das Steinsalz von Stassfurt-Egeln, von Sperenberg, südlich von Berlin, aber auch jenes in Thüringen, bei Halle an der Saale u. s. w., sowie jenes des Solengebietes von Ussolje an der Kama im Perm'schen Gouvernement.

Paläozoisch ist auch das Salz Indiens in der Salt Range im Pendschab.

Dem Buntsandstein gehört das Salz von Hannover und Braunschweig, der alpinen Trias jenes im Salzkammergute (Aussee, Ischl, Hallstatt), bei Berchtesgaden, Hallein und zu Hall in Tirol an; dem Muschelkalk jenes von Württemberg (am Neckar und Kocher); dem Keuper jenes von Dieuze und Salins in Frankreich, Mülhausen im Elsass und auch die bis 40 m mächtigen Stöcke in Lancaster, Cheshire und Worcestershire (in England).

Jura und Kreide sind salzarm; doch wird dem Lias das Vorkommen von Bex im Canton Waadt, der Kreide jenes in Algerien zugeschrieben.

Dem Tertiär sind der Salzberg von Cardona in Catalonien, die Salzlager von Sicilien, Kleinasien und Armenien zuzurechnen (Eocän), aber auch das Salz der nordkarpathischen Salzregion (Wieliczka, Bochnia, Kalusz etc.), sowie jene in Ungarn (Marmaros), in Siebenbürgen und in der Walachei gehören dem Tertiär (und zwar dem Miocän) an.

Diese Steinsalzmassen der Erde liegen manchmal förmlich zutage, wie zum Beispiel zu Parajd im nordöstlichen Siebenbürgen, oder, um das berühmteste Beispiel anzuführen, zu Cardona in Catalonien, wo das Salz in der Form eines etwa 100 m hohen vegetationslosen, in die Länge gestreckten Hügelrückens, mit Vorsprüngen, scharfen Kämmen und mehr weniger steilen Gehängen über die Thalebene aufragt. Das Salz tritt daselbst in verticalen Schichten auf, die von NO.—SW. streichen und recht verschiedene Mächtigkeit besitzen, von 8 cm bis 8 m. Gegen Norden herrscht übrigens Thon und Gips vor, während im Süden sich beinahe nur Steinsalz findet, das in Tagbauen gewonnen wird. Die Höhenverminderung durch Auflösung soll nach Cordier etwa $1\frac{1}{2}$ cm im Jahre betragen.

An anderen Orten liegt das Salz in mäßiger Tiefe unter einer mehr weniger wasserabhaltenden Hülle; an wieder anderen Orten wurde die Existenz des Salzes in der Tiefe nur durch salzhältige Quellen angekündigt und liegt es hunderte von Metern tief.

Von den Verhältnissen, unter welchen das Salz im Gebirge auftritt, sollen einige von den interessantesten Vorkommnissen eine Vorstellung geben und sollen dabei hauptsächlich die Salzlager unseres Vaterlandes Berücksichtigung finden und außerdem nur noch das Merkwürdigste aller Salzlager, jenes von Stassfurt-Egeln nordöstlich vom Harz eingehender betrachtet werden, weil wir daselbst eine Menge von Thatsachen

kennen lernen werden, die uns die Erklärung der Entstehung der Salzlager ermöglichen.

In Österreich-Ungarn haben wir ins Auge zu fassen die Salzlager in den Alpen, jene am Rande der Karpathen und speciell noch jene in Siebenbürgen. Die Lagerungsverhältnisse der alpinen Salzlager und Salzstockmassen sind überaus verwickelte, „sie gewähren“, wie v. Mojsisovics (l. c. S. 160) sagt, „namentlich beim ersten Anblicke das Bild eines vollendeten Chaos. Regellos sieht man Klötze grauer und schwarzer Mergel mit gewaltigen scharfkantigen Schollen von buntfärbigen Anhydriten (d. i. wasserfreier schwefelsaurer Kalk) und Steinsalz wechseln und in tollster Überstürzung und Association die Masse des Gebirges bilden, welche uns eine Breccie in riesigen Verhältnissen darzustellen scheint“. Und doch ist es dem genannten Autor möglich gewesen, zwei, ja drei Regionen scharf zu unterscheiden. Vor allem eine obere salzärmere „Anhydritregion“: Mergelthone mit Anhydrit- und Glauberitmassen (Sulfat von Natrium und Calcium) und eine untere salzreichere „Polyhalitregion“ (nach dem hier auftretenden Polyhalit, wasserhältiges Kalk-, Magnesia- und Kalisulfat¹⁾ mit rothem Steinsalz in der oberen und grauem und weißem Steinsalz in der unteren Partie der dunkler gefärbten Mergel.

¹⁾ Nähere Angaben über die Mineralien der Salzlager finden sich in einer Zusammenstellung als Anhang zu diesem Vortrage.

Steinsalz, Mergelthone, Anhydritschichten etc. waren sicherlich ursprünglich in ebenso schöner Wechselagerung wie in weniger gestörten Salzgebirgen.

Die Ursachen der Zerstückung sind wohl in Blähungs- und Lösungsvorgängen innerhalb der Mergelthone und Anhydrite zu suchen, welche durch eindringende Bergfeuchtigkeit eingeleitet werden. Anhydrit wandelt sich dabei unter großer Volumenvergrößerung in wasserhältiges Sulfat (Gips) um und weckt dabei Druckkräfte, welche allein für sich wirkend die chaotischen Zerberstungen, Verschiebungen und Durcheinanderquetschungen herbeiführen können, deren Auftreten die Vulcanisten bewogen, auch beim Steinsalzgebirge an eruptive Vorgänge zu denken.

In der That erscheint die Salz führende Gebirgsart dadurch unter Umständen förmlich aufgewölbt und in die Nachbargesteine gewaltsam hineingepresst. Dass auch die gebirgsbildenden Vorgänge das Ihrige mit beigetragen haben, in den so viel mürberen, nachgiebigeren Massen Störungen zu erzeugen, ist selbstverständlich.

Erwähnenswert ist vielleicht, dass man das Liegende der alpinen Salzlager eigentlich noch nicht genau kennt.

W. v. G ü m b e l hält in seinen großen, 1888 abgeschlossenen Grundzügen der Geologie wenigstens für Berchtesgaden und Hallein an der Annahme fest, dass die Gips, Anhydrit und Steinsalz führenden buntfarbigen, lettigsandigen Schichten mit untergeordneten,

mergeligen oder dolomitischen Zwischenlagern („Haselgebirge“) dem oberen Theile der sogenannten „Werfener Schiefer“ angehören, eine Anschauung, die mit der von Hauer und Suess früher ausgesprochenen Meinung, das Steinsalz der Alpen liege in der unteren Trias, im Einklang stehen würde (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1853, S. 720); er führt aber dann auch an, dass mehrere österreichische Geologen (vor allen Oberbergrath Dr. Edm. von Mojsisovics: Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1868, S. 151—174) die Steinsalzablagerungen von Ischl, Hallstatt und Aussee einem höheren Horizonte (im Liegenden der über dem alpinen Muschelkalke folgenden Zlambachschichten) zurechnen. Das Steinsalz von Hall in Tirol stellt Gümbel selbst in ein noch höheres Niveau, zwischen die mergeligen „Raibler Schichten“ und die darüber folgenden dolomitischen Gesteine.

Das Salz der alpinen Salzlager, des „Haselgebirges“, wird durch Auslaugung erhalten. Die dabei gewonnene Sole ist fast immer verunreinigt. Neben Chlornatrium finden sich Kalksulfat, Chlormagnesium, Glaubersalz (Natriumsulfat) und Kaliumsulfat, die sogenannten „Nebensalze“, welche sich nicht leicht vollkommen vom Chlornatrium, dem Speisesalze, trennen lassen (die Verunreinigungen betragen bis gegen 4 %) und mit demselben auch den den Salzsiedeprocess so sehr störenden Pfannstein und die Mutterlauge bilden. Im ersteren sind vornehmlich die Sulfate von Kalk und Natrium (Glauberit) neben 30—80 % Kochsalz, im

letzteren aber neben mehr als 50 % Kochsalz ca. 20 % Chlormagnesium und wohl ebensoviel Sulfate von Natrium und Kalium enthalten.

Lässt man die Solen verdampfen, so erhält man in Hallstatt 94·4, in Ischl 92·9, in Aussee 87·5 % Speisesalz, neben den entsprechenden Mengen (5·6, 7·1, 12·5 %) Nebensalzen. Von diesen im Mittel 8·4 % Nebensalzen aber sind 1·2 Theile Gips, 2·1 Theile Chlormagnesium, 3·5 Theile Natrium- und 1·6 Theile Kaliumsulfat.¹⁾

In Galizien interessieren uns vor allem die Salzvorkommen von Wieliczka und Bochnia, von Drohobycz und Kalusz.

Professor Zeuschner beschrieb im „Neuen Jahrbuch für Mineralogie“ (1844, S. 527—532) die La-

1) Gips und Chlormagnesium können, nach einer von Patera gefundenen Methode, durch Beigaben von Soda (Natriumcarbonat) als Kalk- und Magnesiicarbonat entfernt, beziehungsweise in Natriumsulfat und Kochsalz übergeführt werden, wodurch die Siedeprocessse wesentlich verlängert (von 12 auf 30 Tage) und die Ablagerung eines Pfannsteines verhindert werden können. Aus den alpinen Salzlagern in Oberösterreich, Salzburg, Steiermark („Salzkammergut“) und Tirol (Hall) wurden im Jahre 1888 1,217.000 M.-Centner Salz (und zwar hauptsächlich Speisesalz) gewonnen. Auf die galizischen Gruben und jene in der Bukowina entfallen fast ebensoviel: 1,272.000 M.-Centner, auf die istriatische Seesalzgewinnung 304.800 M.-Centner, so dass im gesammten Cisleithanien jährlich beiläufig 2,300.000 M.-Centner Salz gewonnen wird.

gerungsverhältnisse von Wieliczka nach den mark-scheiderischen Aufnahmen wie folgt: Die Salzflötze streichen von NW. gegen SO. (hora 4), der Hauptsache nach fallen sie gegen Süd (mit 40° und mehr); in der Mitte bilden sie einen Bogen, wo die Schichten zum Theil horizontal liegen und weiterhin nach Nord neigen. Die im Süden auftretenden „Karpathensandsteine“ („Fucoidensandsteine“, wie sie von Zeuschner genannt werden) sind übereinstimmend mit den Schichten des Südflügels gegen Süd geneigt. Er schildert auch die parallelen Lager der sogenannten Spiza- und Szybiker Salzhorizonte, und wie hunderte von dünnen Anhydritschichten in grauem Thon, sowohl unter dem Szybiker als zwischen diesem und dem Spiza- und zwischen Spiza- und dem Grünsalz auftreten. Mit keiner Andeutung wurde dabei der so überaus complicierten Vorstellung gedacht, welche Joh. Hrdina in seiner posthumen, zwei Jahre früher (Wien 1842) erschienenen „Geschichte der Wieliczkaer Saline“ gegeben hat, wonach der Spizasalzhorizont im östlichen Felde in mehrere Falten mit gegen Norden überschobenen Sätteln zusammengeschoben sein soll, in deren tiefe Mulden die riesigen Schollen des „Grünsalzes“ der Hauptsache nach eingezeichnet werden.

Hrdina nimmt drei Phasen in der Bildung des Salzlagers an, die nur auf neptunischem Wege erfolgt sein könne: eine erste überaus ruhig verlaufende, die Szybiker Formation, die mit Thon- und Anhydritlagen bedeckt wurde. Während der zweiten, der Spiza-

salzperiode, sei eine Erhöhung der Temperatur eingetreten, auch „Wallungen der flüssigen Masse, wodurch die ruhige Krystallisation bedeutend gestört wurde“. Aus dem Mitvorkommen von mikroskopischen Muschelschalentrümmern wurde darauf geschlossen. Die dritte, die „Grünsalzperiode“, sei mit einer Abnahme der Fluten verbunden gewesen. — Später, besonders in den obersten Lagen auftretende Blähungen hätten den erwähnten Zusammenschub im Spizasalzhorizonte und darüber herbeigeführt.

Die von Bergrath Foetterle nach dem verhängnisvollen Wassereinbruche im Jahre 1868 veröffentlichte Skizze (Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt 1868, S. 421) gibt eine ganz ähnliche Darstellung wie Zeuschner und sie wurde auch von Fr. v. Hauer in seine „Geologie von Österreich-Ungarn“ aufgenommen.

Eine Reihe neuer Studien hat Professor Julian Niedzwiedzki der Salzformation von Wieliczka und Bochnia gewidmet (Lemberg 1883—1891), deren Hauptergebnis aus der Betrachtung der von ihm gegebenen Querschnitte durch den Franz Josefs- und den westlich davon gelegenen Elisabethschacht (Fig. 1) zu ersehen ist. Vor allem geht daraus hervor, dass wir in dem geschichteten Theile des Salzgebirges „eine einheitliche Schichtfolge“ vor uns haben, ohne die auffallenden zerrissenen und überschobenen Sättel und zusammengepressten Mulden der Hrdina'schen Vorstellung. Die Sohle des Franz Josefsschachtes be-

findet sich in 353·5 m Tiefe noch im Steinsalz. Das Liegende des Wieliczkaer Steinsalzes kennt man somit gleichfalls noch nicht. Szybiker¹⁾ Salz liegt zu unterst, darüber Spizasalz²⁾ (die III. Salzlagergruppe), darüber folgt, immer mit Anhydritzwischenlagen, in vielen Schichten Steinsalz (II. Salzlagergruppe), deren nähere Unterscheidung kaum vorgenommen werden kann, mit mächtigen Spizasalzlagen zu oberst; darüber

¹⁾ Von Szybik = Schacht.

²⁾ Soll nach Hrdina von Spieki Gornici, d.h. Zipser Bergleute, herzuleiten sein.

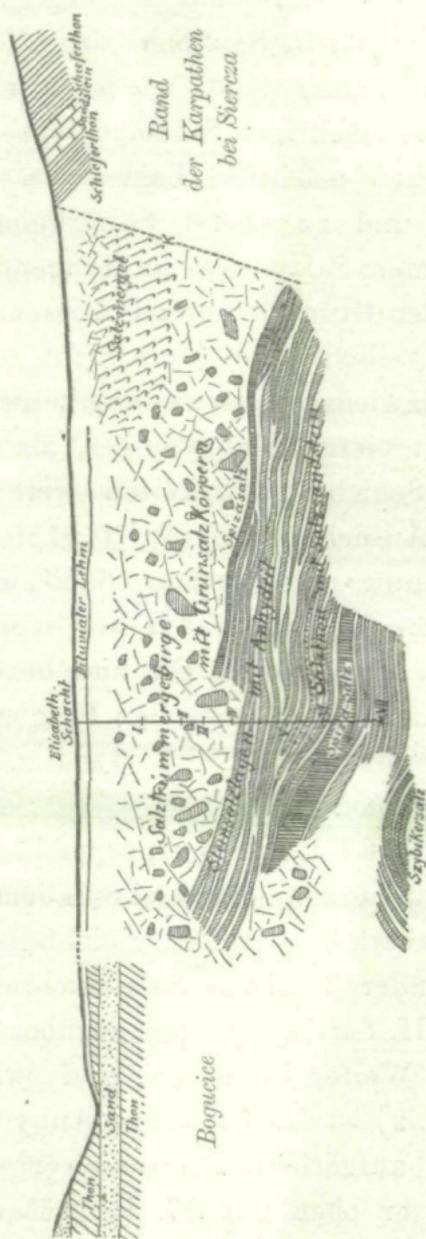


Fig. 1. Durchschnitt durch das Wieliczkaer Salzgebirge nach Julian Niedzwiedzki (1889).

liegt das Salztrümmergebirge mit mächtigen Grünsalzmassen in Salzthon, dann folgt gegen Süden die I. Salzlagergruppe, wieder alle drei Varietäten mit einem mächtigen Salzsandstein - Zwischenmittel, über welchen mächtige Lagen von Szybiker und Spizasalz und zu oberst Salztrümmergebirge mit rothbraunem Salzmergel im Hangenden folgen. Diese hangenden Grünsalztrümmermassen bieten recht viel des Räthselhaften und kann nicht geleugnet werden, dass Niedzwiedzki's Darstellung keine Erklärung ihrer Herkunft bietet, umsoweniger, als die mächtigen Blöcke die Schichtmächtigkeiten weit übertreffen. Massen mit Ausdehnungen von 70 : 150 : 190 *m* sind darunter bekannt. Die großen Salzkammern in Wieliczka, Räume bis zu 95 *m* Höhe, liegen in einzelnen dieser großen Grünsalzkörper und bezeichnen Stellen Jahrzehnte lang andauernden Bergbaubetriebes. Die Kammer von Michalowice stand z. B. von 1717 — 1861 im Abbau.

Die III. Salzlagergruppe lässt deutlich eine Sattelformbildung erkennen, welche in dem westlicher gelegenen Elisabethschachtprofil gleichfalls klar hervortritt, wo besonders mächtige Salzsichten im liegenden Theile der II. Salzlagergruppe darüber folgen.

Weiter im Osten, und zwar schon bei Bochnia (Fig. 2) ist der Gips- und Anhydrit führende Salzthon steil aufgerichtet, förmlich zusammengequetscht, so dass er oben nur 37, in größerer Tiefe aber 133 *m* mächtig wird.

Bei Kalusz in Ost-Galizien sind im Hangenden des Salzgebirges Massen von Kalisalzen angetroffen worden, und zwar vor allem Kainit (Chlorkalium und Magnesiumsulfat mit Wasser = $KCl + Mg SO_4 + 3 H_2O$) und Sylvin (Chlorkalium: KCl), die ein 1.5—2 m mächtiges Lager bilden, das seit 1867 abgebaut wird. Dieser Umstand, sowie der Aufschwung der chemischen Industrie im Stassfurter Reviere wurde die Veranlassung auch in Wieliczka, diese so wertvollen Stoffe aufzusuchen und in die Hangendregion des Salzes — es geschah in dem 110 Klafter tief gelegenen „Kloski-schlage“ — einzudringen, ein Unternehmen, das von den unangenehmsten Folgen begleitet war, indem man zu weit vordrang, den schützenden wasserundurchlässigen Tegel durchfuhr und dadurch einen verhängnisvollen Wasser-einbruch herbeiführte, der nur durch schwere Mühe und mit vielen Kosten bewältigt werden konnte.

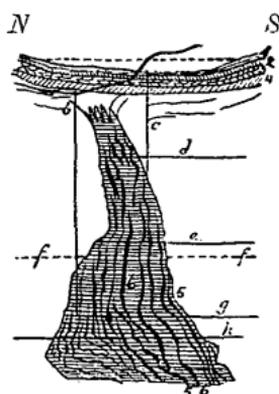


Fig. 2.

Das Salzvorkommen
von Bochnia
(nach A. Hauch).

1—4 Lehm, Letten und
Trieb sand. 5 Steinsalz.
6 Salzthon (braunroth).
b und c Satoris- und
Campi-Schacht, d—h Ho-
rizonte des Bergbaues.

Schon nach Hrdina wären Wassergefahren beim Abbau des Szybiker Salzes zu gewärtigen, wenn man das Liegende der betreffenden Flötze, einen feuchten, sandigen Mergel mit faserigem Gips, durchstoßen

würde; es kämen „nach der Berührung des untersten Solengesteines gewöhnlich süße Wässer zum Vorschein“. Auch Bergrath Paul hat angenommen, dass der Einbruch aus dem Liegenden erfolgte,¹⁾ während nach Niedzwiedzki anzunehmen wäre, dass im Kloskischlag, der im Salztrümmergebirge liegt, eine Spalte angefahren wurde, die nach aufwärts bis in ein sandig-thoniges Schichtglied reicht und aus einem Wasser führenden Hangendsandstein mit Wasser gespeist wurde. Der Annahme, es könnten Liegendsandsteine angefahren worden sein, tritt er auf das bestimmteste entgegen. — So weit gehen die Meinungen über diesen uralten Bergbau noch auseinander.

Das Salzgebirge von Kalusz hat²⁾ eine Mächtigkeit von mehr als 130 *m* und wird von vollkommen salzfreiem Thon bedeckt. Gipsthon und Gips treten im unmittelbar Hangenden auf. Das salzführende Schichtensystem fällt oben steiler (50°) als unten (ca. 25°) nach SW. Zu unterst liegt der „untere Salzthon ohne Kalisalze“, eine Wechsellagerung von 2—3 *cm* mäch-

¹⁾ Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1880, S. 687; 1887, S. 109; 1888, S. 703. Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt 1883, S. 233. — Eine umfassende Darstellung aller auf Wieliczka bezüglichen Fragen hat Dr. E. Tietze in seiner großen Abhandlung über „die geognostischen Verhältnisse der Gegend von Krakau“ (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1887, S. 190—268) gegeben.

²⁾ F. Foetterle, Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt 1868, S. 226—272.

tigen Schichten von Steinsalz mit 3—6 *cm* mächtigen Lagen von Thon, die von Salz netzförmig durchschwärmt wird. Anhydrit tritt hie und da in Knollen und Knauern auf. Darüber folgt der „obere Salzthon“. Die Salzsichten werden bis gegen 1 *m* mächtig und enthalten Kalium- und Magnesiumsalze, sowie Thonverunreinigungen. Ein 8—16 *m* mächtiges „Kainitlager“ ist bis auf 225 *m* im Streichen verfolgt. Es enthält aber auch Steinsalz in dünnen Lagen und Linsen, Salzthon und an einer Stelle ein Nest von Sylvin und Carnallit. — Nach Niedzwiedzki, dessen neue Arbeit über das Salzgebirge von Kalusz mir soeben während des Druckes zugegangen ist (Lemberg 1891), könnte man vermuthen, dass dieses Kainitlager nur ein oberster Lappen eines in der Tiefe mächtiger werdenden Lagers sei.

Über diesem Lager folgt ein zweites, das vorherrschend aus Sylvin besteht. Dasselbe tritt theils wohlgeschichtet, theils in linsenförmigen Massen (das sind kurze, stark anschwellende Schichten), theils endlich in ellipsoidischen Nestern auf, die vielleicht als sekundäre Bildungen betrachtet werden könnten. Im Liegenden dieses bis auf 40 *m* anschwellenden Lagers, das auf 300 *m* weit anhält, tritt eine höchstens 2 *m* mächtig werdende Kainitlage auf. (Man vergleiche dazu die nachstehende Fig. 3 aus der angeführten Arbeit Niedzwiedzki's.)

Wenngleich das Sylvinvorkommen von Kalusz nur unbedeutend ist, verglichen mit der Mächtigkeit der

Abraumsalze von Stassfurt, so gewinnt Kalusz durch den Umstand, dass man es daselbst mit reinem Chlorkalium zu thun hat, an Wichtigkeit für die chemische Industrie. Der Kainit wurde etwas später entdeckt, so dass man also von Kalusz drei Salze kennt: Steinsalz, Sylvin und Kainit, wobei, wie K. v. Hauer ¹⁾ hervor-

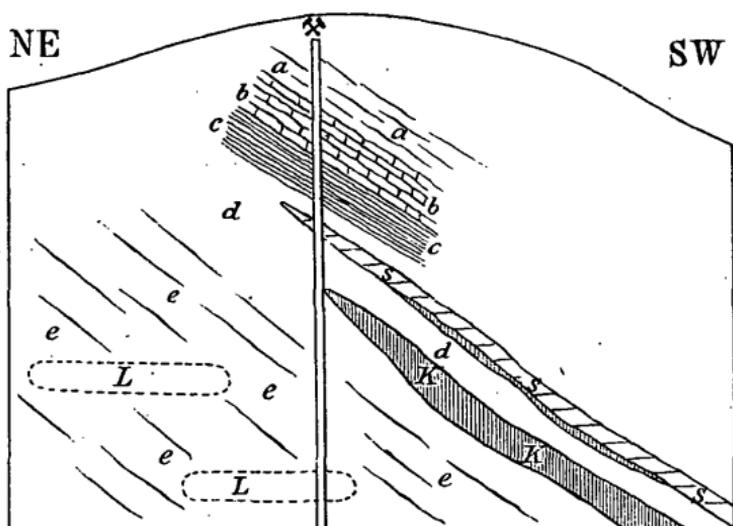


Fig. 3. Das Salzgebirge von Kalusz.
(nach Julian Niedzwiedzki).

a bunte Thone, *b* Gips, *c* Gipsthon, *d* oberer Salzthon, *s* Sylvin.
K Kainit, *e* unterer Salzthon, *L* Laugwerke. Scala ca. 1:2500.

gehoben hat, besonders die so mächtige Bildung des Doppelsalzes: Magnesiumsulfat-Chlorkalium, auffällig ist, da aus einem Gemenge von Chlornatrium, Chlor-

¹⁾ Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1870, S. 144.

kalium und Magnesiumsulfat (Kieserit) bei Verdunstungsversuchen ein schwerlösliches Doppelsalz: Kalium - Magnesiumsulfat + 6 Wasser (Pikromerit) herauskristallisiert, so lange noch Schwefelsäure vorhanden ist, ein Process, der auch eintritt, sobald man Kainit löst und umkristallisieren lässt.¹⁾

Auch in Siebenbürgen, dem salzreichsten Lande der österreichisch-ungarischen Monarchie, ragt Salz als Gebirgsart zutage. Es ist dies der Fall im Salzberge von Parajd (im nordöstlichen Theile des Landes), der 90 m hoch, als eine flache Kuppe von 2300 und 1700 m Durchmesser inmitten eines Kranzes von Trachytbergen aufragt. Das Salz ist geschichtet und oberflächlich vielfach verunreinigt. Ähnlich so verhält es sich mit dem etwas kleineren Salzberge von Szovata. Zu Deesakna (im Nordwesten des Landes, man vergleiche Fig. 4) wird das Steinsalz, welches einen flachen

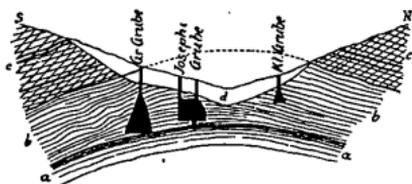


Fig. 4.

Das Salzlager von Deesakna
(nach Pošepny).

a Gyps und Tuffe, b Steinsalz, c Salzthon und Tuffe, d Thon.

¹⁾ Ochsenius (nach Prietze) erklärt den Kainit und Sylvin von Kalusz für secundäre Auslaugungsproducte, die je nach dem Vorwalten der Kieserit- oder Carnallitmengen entstanden seien. (Hauptwerk S. 71; über die genannten Salze vergleiche man auch die Angaben im Anhang.) Niedzwiedzki bezweifelt neuerlichst diese Annahme.

Sattel bildet und bei 120 *m* mächtig ist, von Salzthon und Tuffbänken überlagert. Bei Thorda am kleinen Aranyos und bei Maros Ujvar erscheint der Salzkörper ca. 400 *m* lang, über 500 *m* breit, eiförmig, zusammengepresst und in viele Falten gelegt. Die Begrenzung der eiförmigen Masse bildet Salzthon und Mergel, das Liegende ist unbekannt (Fig. 5).

Zu Vizakna (Hermannstadt NW.) sind die Verhältnisse ähnlich wie bei Maros Ujvar. Der gefaltete

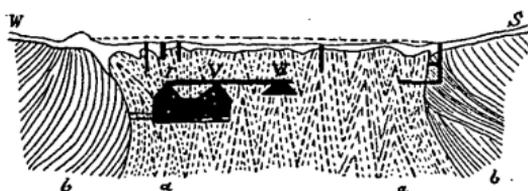


Fig. 5. Salzstock von Maros-Ujvar
(nach Pošepny).

a Salzkörper, *b* Salzthon, Mergel etc.
I V VI Grubenbaue.

unreine Salzkörper wurde früher, noch im vorigen Jahrhunderte, in den landesüblichen glockenförmigen Gruben abgebaut, deren größte eine Tiefe von mehr als

100 Klafter und bei 36 Klafter Durchmesser besitzt. Eine zweite kleinere Grube befindet sich gleich daneben mit 68 Klafter Tiefe. Ein ähnlicher Bau: die Ignatzigrube, steht noch im Betriebe (bis 46 Klafter unter der Oberfläche), wird jedoch in parallelopipedischer Form fortgesetzt und soll bei gleicher Entnahme für Jahrhunderte ausreichende Salzmassen bieten. Die gewundenen Salzsichten wechseln mit Mergelthonlagen und erinnern lebhaft an die „Jahresringe“, die wir im Steinsalzkörper von Stassfurt zu besprechen

haben werden. Die Salzproduction Siebenbürgens betrug 1870 etwa 1 Million Wr.-Ztr. (= 3700 Cubikklafter), wovon auf Maros Ujvar 70 % entfallen.

Pošepny¹⁾ schätzt die Menge der erschlossenen Siebenbürger Salzvorkommnisse auf 130 Millionen Cubikklafter.

Außerdem liegen in Ungarn noch größere Salzmassen in der Marmoros.

Vielleicht darf hier auch erwähnt werden, dass in der Walachei die Salz führenden Thone von gleichem Alter sind wie jene der Nordkarpathen und eine 140 *km* lange und 10—14 *km* breite Zone bilden, welche sich um Siebenbürgen herumzieht: von der Putna (nordwestlich von Focsan) bis an das rechte Ufer der Alt (Aluta) bei Rimnik. Das Salz bildet hier (nach Draghicénu: Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1890, S. 417) „mächtige Stöcke, weit erstreckte Lager und hoch an den Tag erhobene Felsmassen“, füllt Becken und Kessel und tritt hie und da in der Form von wahren Salzbergen zutage.

Alles, was wir über Mächtigkeit der Salzlager wissen, wird weit übertroffen durch die ungeahnte Massenhaftigkeit des Salzkörpers von Sperenberg, 44 *km* südlich von Berlin. Dasselbst tritt Gips zutage in einer etwa 4 *m* mächtigen, in 0.3—0.6 *m* dicke

¹⁾ Pošepny, „Studien aus dem Salinargebiete Siebenbürgens“. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1867, S. 479.

Bänke gesonderten Schichtfolge, die eine ganz flache Sattelbildung erkennen lässt und unter der man nach den Wahrnehmungen an anderen Stellen das Vorkommen von Salz vermuthete. 1867 begann die Regierung hier eine Bohrung, welche Gips bis in eine Tiefe von 278 Fuß (= 87.25 m) ergab, dann folgte eine dünne Lage Anhydrit und bei 280 Fuß (= 87.88 m) die ersten Anzeichen der Existenz von Salz, indem das bis dahin süße Wasser des Bohrloches mit einemmale Salzgehalt aufwies. Schon bei 283 Fuß (= 88.82 m) stieß man auf das Steinsalz und das Wasser ergab sich als gesättigte Sole. Von nun an blieb der Bohrer fort und fort im Salz bis in eine Tiefe von 1273 m (!), womit der tiefste Punkt erreicht war, und zwar ohne das Liegende des Salzkörpers erreicht zu haben! — Hieraus ergibt sich aber eine Mächtigkeit des Salzkörpers von mehr als 1184 m!

Dieses Bohrloch, welches auch eine große Berühmtheit erlangt hat durch die bei seiner Durchführung angestellten Beobachtungen über die Zunahme der Temperatur mit zunehmender Tiefe, hat der preussischen Regierung nicht weniger als 175.000 Reichsmark gekostet, also der laufende Meter etwa 137 Reichsmark. Es ist ein Unternehmen, welches die preussische Regierung nur aus rein wissenschaftlichen Gründen so tief durchführen ließ, denn an eine Nutzbarmachung, ein Aufschließen eines Salzkörpers von 1184 m Mächtigkeit kann nicht gedacht werden, eine Bohrung von ein paar hundert Meter hätte hingereicht.

Dank der Durchführung der Bohrung hat sich aber unsere Kenntnis von der Zunahme der Temperatur mit zunehmender Tiefe gar wesentlich erweitert!

Wie schon erwähnt, ist für unsere Zwecke die Betrachtung der Verhältnisse in der Stassfurt—Egeln-Mulde von allergrößter Wichtigkeit.

Auch die Geschichte dieses heute berühmtesten Salzbergbaurevieres ist nicht ohne Interesse. Südlich von Magdeburg, an der aus dem Harz kommenden Bode, liegt die aus NW. gegen SO., also im allgemeinen parallel mit der Streichungsrichtung von Harz und Thüringerwald verlaufende salzreiche Zone, die in einer Längenerstreckung von 27 km aufgeschlossen ist. Unter einer alluvialen und diluvialen Decke tritt Braunkohle führendes Tertiär wenig mächtig zutage. Unter dieser Hülle steckt die Trias, die eine große Verbreitung besitzt. In der 3—4 km breiten Zone speciell sind es „Rogenkalksteine“ (das sind oolithische Mergel), rothe und blaugraue Lettenschiefer, graue oder rothe Sandsteine und rothe Thone mit Gipsbänken, welche besonders im NW. mächtig anschwellen. Man rechnet dieses Gebirge zum bunten Sandstein. Darunter lagern die oberpermischen Salze. Ein Blick auf einen Längsschnitt (Fig. 6) bringt die Verhältnisse besser zur Anschauung, als es viele Worte thun könnten. Man erkennt (es ist nur der südöstliche Theil der Salzzone nach der von Ochsnius veröffentlichten Darstellung gegeben) sofort das Vorhandensein mehrerer Brüche und sieht auch, wie unter rothem Thon ein

Steinsalzkörper folgt, der im Agatheschacht aufgeschlossen ist. Darunter folgt mächtiger Anhydrit, der sogenannte „Anhydritthut“ des Stassfurter Salzkörpers. Im Schachte von Stassfurt ist derselbe in etwa 200 *m* Tiefe angefahren und 50 *m* mächtig und liegt hier darunter der Salzthon, der die etwa 50 *m* mächtigen Hangend-, Abraum- oder Mutterlaugensalze¹⁾ deckt, unter welchen dann erst das Steinsalz folgt, dessen obere Partie unrein ist und Polyhalit ($2 Ca SO_4 \cdot Mg SO_4 \cdot K_2 SO_4 \cdot 2 H_2O$) führt. Weiter gegen NW. hält das obere Steinsalz mit Anhydritbänken an, unter welchen der Carnallit an mehreren Punkten erbohrt ist (Fig. 7).

Ein Querschnitt durch das SO.- (fiscalische) Grubenfeld aus WSW.—ONO. lässt erkennen, dass die ganze Zone als ein großer Sattel des Steinsalzkörpers mit einem Aufbruche in der Mitte aufzufassen ist. Die Steinsalzsichten streichen NNW.—SSO. und verflachen ziemlich steil (30°) einerseits gegen WSW., andererseits gegen ONO. und scheint ein Unterschied dieser beiden Flügel darin zu bestehen, dass im WSW.-Flügel (Fig. 8) die Verhältnisse so sind, wie sie im Längsschnitte geschildert wurden, während im ONO.-Flügel der rothe Thon mit Gips und Anhydrit theilweise sofort auf Steinsalz liegt, so dass

¹⁾ Carnallit ($Mg Cl_2 \cdot K Cl \cdot 12 H_2O$), Tachyhydrit ($Ca Cl_2 \cdot 2 Mg Cl_2 \cdot 12 H_2O$), Kieserit ($Mg SO_4 \cdot H_2O$) und Kainit ($Mg SO_4 \cdot K Cl \cdot 3 H_2O$).

also hier die mächtige Schichte von Abraumsalzen fehlt. Nur Spuren von Kalisalzen im obersten Theile des Steinsalzes deuten dieselben an. — In einem anderen Aufschlusse des O.N.O.-Flügels (im Schacht Ludwigs II.) dagegen erscheint nach Dr. Prechts Profil (Stassfurt 1889) eine andere Schichtfolge. Hier tritt zunächst unter dem Gips und Anhydrit führenden rothen Hangendthon eine obere Salzlage auf, ähnlich wie im Agatheschacht, und folgt darunter Anhydrit, Salzthon, die Kieserit-Carnallit-Region, die Polyhalit-Region und das untere mächtige Steinsalzlager des Sattels, dessen Liegendes gleichfalls noch nicht erbohrt ist, wengleich der genannte Schacht bereits eine Tiefe von 591 *m* erreicht hat.

Diese genaue Kenntniss der geologischen Verhältnisse des Stassfurter Salzlagers besitzen wir noch nicht allzulange, wengleich zu Stassfurt schon seit alter Zeit Salzsiederei getrieben wurde. Erst 1839 begannen Bohrversuche und wurde 1843 in 247 *m* eine Sole erbohrt, die wohl gesättigt (27 % Salzgehalt), aber bitter schmeckend und reich an Chlormagnesium und Magnesiumsulfat war. Erst in 408 *m* Tiefe kam man in massiges Steinsalz und dieses hielt an bis 581 *m*, ohne dass das Liegende erreicht worden wäre. Die Schächte erschlossen die Region der Kali- und Magnesiumsalze, die damals als Abraumsalze beiseite gestürzt wurden, während man heute, um nichts davon zu verlieren, z. B. als Pfeiler im Bergbau stehen lassen zu müssen, das Steinsalz aus tieferen Etagen heraufbringt und damit die in den

„Abraumsalzen“ abgebauten Strecken wieder ausfüllt. Der Steinsalzkörper selbst erscheint geschichtet und enthält dünne (6 mm) Einlagerungen von Anhydrit, was man als „Jahresringe“ zu bezeichnen pflegt.

Berühmt durch den Reichthum an Abraumsalzen ist vor allem Leopoldshall (südlich von Stassfurt), wo schon 1869 140.000 M.-Ctr. Kalidünger aus Kainit hergestellt wurde. 1889 verarbeiten 22 Fabriken diese Abraumsalze in Kalidünger, Pottasche, Glaubersalz etc.; Salzsäure wird aus Chlormagnesium, Brom aus den „Endlaugen“ hergestellt. Von letzterem allein 4000 M.-Ctr. im Jahre.¹⁾

Der Umstand, dass über dem Steinsalzkörper Anhydrit lagert, „der Hut von Anhydrit“, führte Otto Volger („Das Steinsalzgebirge von Lüneburg etc.“ Frankfurt 1865) zu dem Ausspruche, dass sich Steinsalzlager unmöglich aus Meeren abgesetzt haben könnten. Der Anhydrithut sei erst später entstanden: die Mutterlaugensalze des aus einem Salzsee entstandenen Salzlagers wurden ausgelaugt, nur das nicht lösliche Kalksulfat blieb allein zurück; das zum Salzlager kommende Wasser brachte Gips gelöst mit, und dieser wurde gegen die leichter löslichen Salze ausgetauscht und verlor überdies, wegen der großen Begierde der Mutterlaugensalze, Wasser aufzunehmen,

¹⁾ Näheres darüber findet man in C. Reinwarth: „Steinsalzablagerung bei Stassfurt und die dortige Kali-Industrie“, Dresden 1871, und „Die Salzindustrie von Stassfurt“ von Dr. Precht, Stassfurt 1889.

seinen Wassergehalt und wurde so Anhydrit. Aber noch mehr: die Salzlager selbst wurden mächtiger durch inneren Zuwachs (!), indem die circulierenden Gewässer Lösungen zuführten, die im Inneren zur Ablagerung kamen. Dass er auch die beschriebenen Faltungs- und Stauchungserscheinungen auf „inneren Zuwachs“ zurückführt, ist, soweit es die Anhydrit führenden Schichten, das sich „blähende Gebirge“, betrifft, leichter begreiflich.

Volger führt auch F. Bischofs Berechnung an, dass das Meer, welches die Salzmassen Stassfurts abgelagert haben soll, eine Tiefe von fast 20.000 *m* gehabt haben müsste, und daraus schließt er auf die Unmöglichkeit, das Meer als die Ursprungsstätte des Steinsalzes anzunehmen. Wir werden aber später sehen, dass derartige Tiefenannahmen ganz und gar nicht nöthig sind, da nicht einmalige Füllung eines so riesigen Beckens, sondern fortgesetzte Wasserzufuhr in ein seichtes Becken zur Salzbildung führen muss.

Aus dem Angeführten geht hervor, in welcher Weise das Steinsalz in den Schichten der Erde auftritt, und wir konnten ersehen, dass die betreffenden Ablagerungen, theils wenig gestört, theils aber durch passende Kräfte, die wir als mit den gebirgsbildenden Processen in mehr oder weniger innigem Verband stehend, betrachten müssen, zusammengeschoben oder selbst gefaltet sein können. Nur auf diese Weise können wir das Verhalten des Steinsalzlagers von Wiczka gegenüber den scheinbar darüberliegenden, in

Wirklichkeit viel älteren Karpathengesteinen erklärlich finden und die Zusammenfaltungen einiger siebenbürgischen Salzlager oder die mannigfachen Störungen in den alpinen Salzlagerstätten begreifen. Wo die gebirgsbildenden Prozesse ruhen, wie im norddeutschen Salzgebiete, da erscheinen die Ablagerungen auch bei sehr hohem geologischen Alter viel weniger gestört, ja unter Umständen so gelagert, wie sie ursprünglich zum Absatze gelangten.

II. Das Meer.

Salzgehalt der verschiedenen Meere (Tabelle I). — Salzmenge des Meeres. — Salzgehalt der Salzseen (Tabelle II). Salzgehalt der Flüsse (Tabelle III). — Salztransport durch die Luft. — Salzsteppen.

Nach diesen Vorführungen wollen wir unsere Betrachtungen den Meeren zuwenden, worin wir recht verschiedene Salze gelöst finden und woraus unter Umständen ein Absatz dieses Salzgehaltes erfolgen kann, und zwar in Verhältnissen, welche uns die Bildung von Ablagerungen versinnlichen können, ganz ähnlich jenen, die sich, wie wir gesehen haben, in den Erdschichten eingebettet finden.

Wir wollen vorerst sehen, welche Salze im Meerwasser gelöst sich vorfinden und in welchen Mengenverhältnissen sie auftreten. Am besten wird sich das in einer tabellarischen Zusammenstellung überblicken

Tabelle I. Über den Salzgehalt der

In 1000 Theilen Wasser	Atlantischer Ocean Oberfläche	Atlantischer Ocean Tiefen: a) 1200' und b) 10.500'	Canal bei Havre	Ostsee a) Karlskrona und b) Chudleigh bei Narwa	Mittelländ. Meer a) Strasse v. Gibralt tar und b) zwischen Candia und Afrika
	zwischen 50—56° n. Br.				
Chlornatrium . .	a) 27·735 b) 28·139	a) 27·740 b) 28·188	25·704	a) 8·695 b) 3·492	a) 28·761 b) 30·759
Chlorkalium . .	0·686 0·531	0·555 (0·517)	0·079	0·111 0·111	0·657 0·621
Chlormagnesium	3·438 3·145	3·158 3·203	2·854	1·414 0·353	3·249 3·743
Calciumsulfat . .	1·402 1·418	1·359 1·369	1·210	0·624 0·194	1·482 1·645
Magnesiumsulfat	2·213 2·279	2·432 2·451	2·528	0·183 0·264	2·169 2·391
Kieselsäure etc.	0·074 0·071	0·104 0·078	..	..	0·073 0·098
Brommagnesium	..	..	0·030	..	..
Bromnatrium . .	..	..	0·103	..	..
Calciumcarbonat	..	..	0·132	..	..
Natriumsilicat .	..	..	0·017	..	..
Summe . . .	35·548 35·583	35·348 35·806	32·657	11·027 4·444	36·391 39·257
Spec. Gewicht .	1·028	..	1·022	1·009 1·003	..

1) Nach J. Roth: Allgem. u. chem. Geologie, 1879, S. 490—537

Oceane und einiger Binnenmeere.¹⁾

Mittelländ. Meer bei Cotte ²⁾ (Usiglio)	Adria bei Spalato	Schwarzes Meer bei Feodosia	Indischer Ocean bei Sokotra	Südsee 25° 11' südl. Br. 93° 24' westl. L. (420')	Rotes Meer Mitte
29·424	25·501	14·020	27·829	25·885	31·094
0·505	0·378 CaCl 3·354	0·189	0·511	1·214	0·737
3·219	5·618	1·304	3·531	4·110	3·890
1·357	4·462	0·105	1·183	1·622	1·179
2·477	..	1·470	2·377	2·095	2·761
Fe ₂ O ₃ 0·003	0·417	..	0·002 + 0·022	..	0·003 + 0·025
..	..	0·0052	0·055	..	0·061
0·556	0·495	..	..	0·307	..
0·114	0·325	0·249 MgCO ₃ 0·137	0·016	..	0·0076
37·655	40·550	17·479	35·526	35·233	39·758
1·0258 21° C.	1·026	1·014 bei 17·5°	1·027 26° C.	1·026 16·5° R.	1·030 25·7° C.

²⁾ Man vergleiche die Verdunstungstabelle nach S. 592

lassen, und soll daher in der Tabelle I (S. 568 und 569) die Zusammensetzung des Wassers einiger der wichtigsten Meere gegeben werden.

Aus dieser Zusammenstellung ersehen wir, dass im Wasser der Ozeane und der damit zusammenhängenden Binnenmeere das Chlornatrium weitaus vorherrscht, dass die Zusammensetzung der oceanischen Gewässer zwischen nicht allzugroßen Grenzen schwankt, dass aber bei Binnenmeeren sich verschiedene Einflüsse geltend machen, wodurch dieselben entweder auffallend ärmer oder nicht unbeträchtlich reicher an Salz werden. In dem einen Falle gibt sich der Einfluss der einmündenden Flusswässer, im anderen Falle die überwiegende oberflächliche Verdampfung zu erkennen.

Der mittlere Gehalt an den verschiedenen gelösten Salzen im Oceanwasser kann nach Schmidt wie folgt angenommen werden: Von 100 Gewichtstheilen des Salzgehaltes entfallen auf:

Chlornatrium	78·1 %	(85·1)
Chlormagnesium	9·6 "	(2·6)
Magnesiumsulfat	6·5 "	(3·1)
Calciumsulfat	3·7 "	(4·0)
Chlorkalium	1·8 "	(1·7)
Brommagnesium	0·2 "	—
Calciumbicarbonat	0·1 "	—
Kaliumsulfat	—	0·2
Gebundenes Wasser	—	3·3

Vergleicht man damit die in dem Stassfurter Salzlager auftretenden Salze (sie stehen in Klammern

daneben,¹⁾ so ergibt sich vor allem bei angenommen gleichem Gehalte an Chlornatrium, ein Abgang an Magnesiumverbindungen, während Calciumsulfat in annähernd gleicher Menge auftritt. Es erhellt daraus wohl vollkommen klar, dass Theile der durch ihre leichtere Löslichkeit ausgezeichneten Salze (die sogenannten Mutterlaugensalze) abgeführt worden sein müssen. So einfach wie bei den Verdampfungsexperimenten vollzieht sich der Process der Ablagerung in der Natur wohl nicht, der Vorgang hängt, wie wir sehen werden, von einer Menge von Möglichkeiten ab, die aus dem Verbande mit dem Oceane hervorgeht. Von der Menge der gelösten Stoffe im Wasser hängt auch dessen Dichte ab, das heißt jene Zahl, welche uns anzeigt, wievielmals schwerer oder leichter eine gewisse Menge der betreffenden Lösung ist als eine gleich große Menge chemisch reinen Wassers, eine Zahl, welche zusammenfällt mit dem Gewichte der Volumeneinheit, etwa eines Cubik-Centimeters der betreffenden Substanz oder dem specifischen Gewichte. J. Y. Buchanan hat diesem Verhältnisse eine Studie gewidmet und ergibt sich nach seinen auf 15·56° C. reducierten Beobachtungen für einen Salzgehalt (in 1000 Theilen Wasser) von

33·765, 35·049, 36·343 37·637

ein specifisches Gewicht von

1·025, 1·026, 1·027 1·028.

¹⁾ Ochsenius, 1877, S. 61.

Auch hat derselbe eine kartographische Übersicht über die Meeresgebiete mit gleichem spezifischen Gewichte gegeben. In den offenen Ozeanen sind es die Regionen mit geringen Niederschlägen unter der Herrschaft constanter und verhältnismäßig trockener Windströmungen, also im Atlantischen Ocean z. B. die beiden Passatregionen, welche den höchsten Dichtigkeitsgrad, d. h. größten Salzgehalt an der Oberfläche aufweisen und auch die tiefblauen Wässer des Golfstromes sind salzreicher als die benachbarten. Im Pacific ist nur eine südlich vom Äquator gelegene weite Region verzeichnet und auch im Indischen Ocean liegt eine solche inmitten des Oceans südlich vom Äquator.

In größeren Tiefen herrscht übrigens in allen Ozeanen in dieser Beziehung ziemliche Übereinstimmung. Die Wirkung der Süßwässer ist in offenen Ozeanen ohne weitergehenden Einfluss, während sie bei Binnen- oder Randmeeren, wie ein Blick auf die Tabelle I. zeigt, unter Umständen recht beträchtlich werden kann. Man vergleiche die Angaben über die Ostsee und das Schwarze Meer. Beim Mitteländischen Meere dagegen überwiegt der Einfluss der Verdampfung (jährlich eine beiläufig 50 engl. Zoll mächtige Wasserschichte) weit über die Niederschlagsmenge (jährlich ca. 23 engl. Zoll) sammt den aus den höchstgeschätzten Wasserzuleitungen (ca. 10 engl. Zoll) erwachsenden Zuführungen süßen Wassers, so dass eine beträchtliche (auf ca. 17—18 engl. Zoll zu schätzende) Abnahme des Meeresniveaus daraus resul-

tieren müsste, welche durch Wasserzufuhr durch die Straße von Gibraltar ersetzt werden muss.

In der That erfolgt über die Barre der Straße von Gibraltar ein unausgesetztes Einströmen salzigen Oceanwassers und erklärt sich damit sofort der höhere Salzgehalt des Mittelmeeres (3·64—3·93%). Dieses Verhältnis wäre aber sicherlich ein noch viel auffallenderes, wenn die Meerestiefe über jener Barre nicht so beträchtlich wäre, als sie es ist (120—200 Faden). Unter den jetzt herrschenden Verhältnissen vollzieht sich nämlich in der Tiefe in entgegengesetzter Richtung ein Ausströmen dichteren Mittelmeerwassers nach dem Oceane. Nach Wollastons Angaben (Philosophical Transact. 1829, I, S. 29) ist das Wasser, welches aus dem Mittelländischen Meere in den Ocean strömt, von größerem Salzgehalte als das Oberflächenwasser. Wasser aus 450 Faden Tiefe (30° 30' nördl. Br. und 4° 30' östl. L.) hatte ein specifisches Gewicht von 1·0294 und einen Salzgehalt von 4·05%, aus 400 Faden Tiefe (37° nördl. Br., 1° östl. L.) hatte das specifische Gewicht 1·0255 und 3·99% Salzgehalt. Carpenter (1871) hat bei 36° Br. und 4° 40' westl. L., also nahe der Straße von Gibraltar in 586 Faden Tiefe Wasser mit einem specifischen Gewichte = 1·0292 gefunden, so dass ein dichteres Tiefenwasser des Mittelländischen Meeres nachgewiesen erscheint, wenngleich dies weit hinter früheren und auch noch in neueren verdienstvollen Arbeiten erörterten, ganz auffallenden Angaben zurückbleibt. Den größten Salz-

gehalt weist übrigens das Rothe Meer auf, da für dieses die Verdunstung noch viel mehr überwiegt (7 m pro Jahr bei einer Meertiefe von 400 m); man kann somit leicht schließen, dass es schon in etwa 60 Jahren völlig ausgetrocknet sein müsste, wenn nicht ein ähnlicher Austausch stattfinden würde. Dass auch hier ein Austausch, also ein tiefer gelegenes Ausströmen durch die Straße von Bab el-Mandeb angenommen werden müsse, geht schon aus dem Gesagten hervor. Schon nach etwa 1500—2000 Jahren müsste es von einer festen Salzmasse erfüllt sein, wenn nicht ein Ausströmen annäherndes Gleichgewicht erhalten würde.

Die ungeheure Menge von Salzen, die sich in den Meeren findet, lässt sich ohne Schwierigkeit annähernd schätzen. Das Gesamtvolumen der Meeresräume mit 1284 Millionen km^3 (Cubikkilometer) und den mittleren Salzgehalt mit nur 3·5 % angenommen und dasselbe seiner Dichte nach auf Steinsalz bezogen (2·15), gäbe $\frac{1284000000 \times 3\cdot5}{2\cdot12 \times 100} = 21\cdot2$ Millionen Cubikkilometer Salz¹⁾ oder über das ganze Gebiet der

¹⁾ C. J. B. Karsten in seinem großen Lehrbuch der Salinenkunde (Berlin 1846, I, S. 861) kommt nach Breislak, beziehungsweise nach La Métherie (Breislak, Geologie, II, S. 267) auf etwa ein Viertel des angegebenen Volumens und meint, sonderbar genug, dass der cubische Raum der Steinsalzablagerungen der Erde größer sei als der gesammte Salzgehalt des Oceans, wonach er zu dem Schlusse kommt, dass

Oceanbecken, d. i. 373 Millionen Quadratkilometer ausgebreitet, eine Lage von 57 *m* Mächtigkeit, ein Volumen, welches etwas mehr als ein Drittel der gesammten über das Meeresniveau aufragenden Festländer ausmacht (dieselbe nach Krümmel auf 146.750 Cubikmeilen, das sind etwa 60 Millionen Cubikkilometer, angenommen).

Für das Mittelländische Meer allein diese Rechnung ausgeführt, erhält man:
$$\frac{3,863.000 \times 3,73}{2,12 \times 100}$$

= 67.966 Cubikkilometer Salz, das ist weit mehr als ein Viertel des Gesamtvolumens der ganzen Alpenkette über dem Spiegel des Meeres (dieses etwa = 245.000 Cubikkilometer angenommen), und daraus würde sich, die Fläche des Mittelmeeres mit 2,885.522 Quadratkilometer (nach Krümmel) angenommen, eine mehr als 23 *m* dicke Lage compactes Salz ergeben, bei einer mittleren Meerwassertiefe von 1340 *m*. Es be-

das Meer früher einen bedeutend höheren Salzgehalt gehabt haben müsste als heute, wenn wirklich alles Salz der Erde sich aus dem Meere abgesetzt hätte. Das Salz müsse also einen anderen Ursprung haben. Gleich darauf findet sich aber die Bemerkung, es sei ebenso räthselhaft, dass der Salzgehalt des Meeres nicht noch viel größer wäre, als er es ist, da doch durch die Flüsse dem Meere jährlich sehr beträchtliche Zuschüsse von Salz zugeführt würden und kein Process in der Natur bekannt sei, durch welchen dem Meere Theile seines Salzgehaltes wieder entzogen würden! Nun auch darüber werden wir bald zu sprechen haben.

Tabelle II. Über den

In 1000 Theilen Wasser	Kaspisee bei Baku (23' Tiefe)	Adshi Darja („Karabugas“) Kaspi O. (1876)	Aralsee Mitte	Bogdosee	Eltonsee October und April (n.d.Schneesmelze)	Strandsee Siwasch am Asow'schen Meere
Chlornatrium . .	8·527	83·284	6·236	190·00	38·3 131·24	142·011
Chlorkalium . .	Sp.	9·956	0·112	1·99	2·3 2·22	..
Chlorcalcium . .	..	..	..	9·89	..	..
Chlorrubidium .	..	0·251	0·003	..	..	..
Chlormagnesium	0·304	129·377	Sp.	54·35	197·5 105·4	19·265
Magnesiumsulfat	3·249	61·935	2·980	..	53·2 16·65	12·105
Calciumsulfat . .	1·074	..	1·350	0·28	..	CaS 0·362
Natriumsulfat . .	..	..	..	..	..	..
Kaliumsulfat . .	..	..	..	..	..	..
Calciumcarbonat	0·055	..	0·152	..	..	..
Kieselsäure etc.	..	..	0·006	..	..	..
Brommagnesium	..	0·193	0·003	0·06	0·07	..
Summe . . .	13·209	284·996	10·842	256·57	291·30 255·60	173·743
Spec. Gewicht .	1·0084	1·262 bei 17·6° C.	1·009	1·236	1·273 1·219	1·140 bei 17·5° C

1) Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellschaft, 1882, S. 359.

Salzgehalt der Salzseen.

Rother See bei Perekop in N. der Krim	Tschokraksee bei Kertsch (durch e. schmale Land- zunge v. Meere getrennt)	Gr. Salzsee Utah (nach K. Ochsenius)	Todtes Meer a) NW. Ende und b) aus 185 Faden Tiefe	Urmiassee NW. Persien	Kukunor Tibet	Bitterseen des Suezcanals (1875) (bei Ismaila).	Wansee (Natronsee)
155·85	66·50	132·228	56·974 78·554	190·72	6·901	40·434	8·107
..	1·20	4·735	6·788 6·586	..	0·221	0·623	..
18·73	..	..	{ 24·550 ²⁾ 31·075 }	0·14	..	..	..
..	..	..	..	..	0·006	0·026	..
182·70	45·46	6·168	98·341 145·897	15·74	..	4·763	..
..	23·58	12·472	..	13·29	0·932	3·223	0·227
..	2·69	1·107	0·840 0·701	0·74	..	1·859	..
..	..	..	..	..	1·724	..	2·587
..	..	..	..	..	..	..	0·541
..	org. Subst. 0·78	..	..	..	0·473 Mg CO ₃ 0·433	0·005 Fe CO ₃ 0·005	Na ₂ CO ₃ 5·438 Mg CO ₃ 0·267
..	Na J. 0·50	..	..	..	0·016	0·003	0·036
..	0·08	Spuren v. B u. Li	5·253 1·374 ³⁾	..	0·005	0·078	..
357·28	140·79	156·710 ¹⁾	192·746 264·187	220·63	10·711	51·022	17·202
1·331	1·380	..	..	..	1·009	1·039	1·017

2) Ca Cl₂.

3) Bromverbindungen im allgemeinen.

trüge somit nicht ganz $\frac{1}{60}$ der Gesamttiefe des Mittelmeeres (genauer 1:58·2).

Aus diesem Verhalten hat Ochsenius geschlossen, dass, um ein Salzlager wie jenes von Stassfurt zu bilden (490 m Salz), nicht weniger als 41mal die vollkommene Füllung und Austrocknung eines entsprechenden Meerestheiles stattgefunden haben müsste, eine gleichbleibende Tiefe des Beckens von 720 m angenommen.

Außer der Salzführung des Meeres haben wir auch die Verhältnisse des Salzgehaltes der Seen in abflusslosen Gebieten, der „Salzseen“ ins Auge zu fassen, unter welchen uns ganz besonders der Kaspische interessieren muss. Die Tabelle II (gleichfalls nach den Zusammentragungen in J. Roths großer „Allgemeinen und chemischen Geologie“ zusammengestellt) gibt einen Überblick über die Wasseranalysen einiger der bekanntesten Salzseen.

Vor allem fällt uns der Gegensatz auf zwischen dem verhältnismäßig geringen Salzgehalte des großen Hauptbeckens des Kaspischen und der im Osten davon durch eine flache Barre abgegliederten und nur durch eine schmale Wasserstraße, die Karabugas (d. h. „schwarzer Schlund“) damit in Verbindung stehenden Becken des Adsch-Darja.

Um aber die Factoren alle kennen zu lernen, so seien auch einige Angaben über die im Flusswasser gelösten Salze gemacht und dieselben in der Tabelle III übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle III. Salzgehalt einiger Flüsse.

In 10.000 Theilen Wasser	Donau oberhalb Wien	Rhein oberhalb Köln	Spree vor Berlin	Chélif Algier	Jordan
Calciumcarbonat.	0·864 1·105	0·5237 1·2344	0·898	1·000 1·500	1·69
Magnesiumcarb. . Eisencarbonat . .	0·277 0·421	0·0907 0·4313	0·095	0·030 0·280	1·45
Calciumsulfat . .	0·143 0·222	0·1576 0·3410	0·031	15·560 2·720	0·45
Kaliumsulfat . . .	0·030 0·037	.	0·073	Mg SO ₃ 13·700 1·980	.
Natriumsulfat . .	0·015 0·012	.	0·110	7·360	0·40
Natriumnitrat . .	0·020 0·037	Spur	.	.	.
Chlornatrium .	0·026 0·040	0·1628 0·1425	0·258	28·690 5·120	CaCl 1·29 6·03 KCl 0·35
Kieselsäure etc. .	0·039 0·052	0·0200 0·0041	0·135	0·040 0·040	0·025
Organische Subst.	0·042 0·059	0·6399 0·0055	0·096	.	Spur
Summe . .	1·456 ¹⁾ 1·985 ²⁾	1·5787 ³⁾ 2·2182 ⁴⁾	1·696	66·400 ⁵⁾ 11·820 ⁶⁾	11·685

1) Mai—August 1878, Hochwasser.

2) November—Jänner 1878/79, Niederwasser.

3) 8. November 1870, hoher Wasserstand.

4) 21. October 1870, niederer Wasserstand.

5) 26. October 1855, vor dem Wachsen.

6) 8. Jänner 1853, Orléanville.

Wir ersehen aus diesen Angaben, dass der Gehalt an gelösten Stoffen im Flusswasser, mit Ausnahme jener in salzreichen Gegenden, ein sehr geringer ist, und dass dabei (wie in meinem ersten diesjährigen Vortrage ausgeführt wurde) der Gehalt an Kalk (Calciumcarbonat) weitaus vorherrscht, und der Gehalt an Chlor-natrium sehr zurücktritt. Freilich verhält es sich beim Chélif in Algier und weniger auffallend beim Jordan ganz anders. Diese beiden Flüsse erhalten ihre Speisung aber auch aus einem überaus salzreichen Gebiete. Die Frage nach dem Ursprung der Salzmassen des Meeres ist somit eigentlich eine offene. Denn wenn wir auch keinen Zweifel darüber hegen, dass wir alles Salz der Salzseen in den tiefsten Senken abflussloser Gebiete auf das in den zufließenden Gewässern enthaltene Salz zurückzuführen haben werden, welche es wieder, so wollen wir vorgreifend annehmen, den in den Erdschichten liegenden Salzmassen entnehmen, so können wir auf diesem Wege kaum zur Erklärung der so ungeheuren Salzmassen des Meerwassers gelangen, und wir werden den im allgemeinen so nahe übereinstimmenden Salzgehalt der Ozeane auf dieselbe Zeit zurückführen müssen, in welcher das Wasser sich zuerst auf den Erdfesten niederzuschlagen vermochte. Ob diese ersten Niederschläge gerade concentrirte Solen gewesen sein müssen, wie Schleiden („Das Salz“, Leipzig 1875, S. 136) meint, und ob sie in „Wolkenbrüchen von kochendem Salzwasser“ erfolgt seien, darüber werden wir weiter nichts zu erörtern

haben, sicherlich werden wir solche Wolkenbrüche in jüngeren geologischen Zeiten nicht mehr anzunehmen nöthig haben. Die ältesten Meere aber mögen schon in den ältesten Zeiten unter Umständen, die noch näher zu erörtern sein werden, Salz ausgeschieden haben. Es ist dies eine schon recht früh und von einem der hervorragenden Geologen aller Zeiten ausgesprochene Meinung, denn Leopold von Buch spricht schon in einem seiner Hauptwerke, in seinen „Geognostischen Beobachtungen auf Reisen“ (1802, I, S. 168) in längeren, dem Salzkammergute gewidmeten Ausführungen den Satz aus: „Aller Salzvorrath des alten Meeres scheint sich in der mit Gebirgen umschlossenen Mitte der Länder abgesetzt zu haben, ehe es sich in seine jetzigen Grenzen zurückzog.“

Die Frage nach der Herkunft des Salzes in den abflusslosen Gebieten wurde mehrfach erörtert, und vielleicht ist hier die Stelle, wo auch der gewiss sehr interessanten Publication F. Pošepnys gedacht werden darf, die von der Herkunft der Salzablagerungen im nordamerikanischen Westen handelt (Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien 1877, 76. Bd.), wo theils Salzseen in den abflusslosen Gebieten bestehen (wie der große Salzsee in Utah und viele andere), theils weite Wüstengebiete in Nevada, Colorado etc., welche eingedampfte Salzwasserbecken vorstellen. Die Beantwortung der Frage, wie die Übertragung der massenhaften Chlorverbindungen aus dem Meere auf das Festland geschah, macht

einige Schwierigkeiten, denn daran, dass die Urquelle im Meere zu suchen sei, zweifelt auch Pošepny keinen Augenblick. Die Annahme, dass die betreffenden Gebiete abgeschnürte Meeresarme seien, ist als hinfällig erwiesen; die Annahme aber, dass es Salz aus Salzvorkommnissen in der Erde sei, welches durch Quellen zutage gebracht, in den abflusslosen Gebieten wieder gesammelt worden sei, schiebe die Frage nur hinaus. — Er geht dann auf die Erörterung der Frage ein, woher es komme, dass, wie auf Grund zahlreicher, systematisch durchgeführter Analysen hervorgehe, die Elbe nicht weniger als 25.320 Tonnen Kochsalz aus Böhmen abführe, in einem zum Abflusse gelangenden Wasserquantum von 6000 Millionen Cubikmeter Wasser, während die Niederschlagsmenge (nach Harlachers Berechnung) viermal so groß anzunehmen sei. Da Böhmen keine Salzlager besitze, die in den verschiedenen Mineralquellen Böhmens zutage gebrachten Salz mengen höchstens 300 Tonnen im Jahr ausmachen, so bleibe nichts übrig, als an einen Transport — durch die Atmosphäre zu denken. Es sei nur anzunehmen, dass in einem Cubikmeter Regenwasser 1 Gramm Kochsalz enthalten sei — A. Bobierre hat im Regenwasser von Nancy bei 18 Gramm nachgewiesen — und die zum Abflusse gelangende Salzmenge wäre vollauf erklärt. Ja, würde Böhmen abflusslos, so müsste es schon nach 6000 Jahren einen See umschließen von einer Salzmenge wie jene des großen Salzsees in Utah. — Das Salzlager von Wieliczka wird auf einen Salzsee

ähnlicher Art zurückgeführt. Die etwa 80 verschiedenen Seethiere, deren Reste man daraus kennt, sollen durch die Zuflüsse des Salzsees aus älteren Schichten ausgewaschen und in den Salzsee eingeschwemmt worden sein. Was für das Holz, das man hin und wieder im Salze findet, sowie für andere Landpflanzenreste ohneweiters zulässig erscheint, auch für Süßwasserschneckenschalen und dergleichen, ist jedoch für die Funde von nebeneinanderliegenden Klappen gewisser Muschelthiere, für die zarten Pectenschalen und dergleichen gewiss ausgeschlossen.

Dr. Emil Tietze, der in Persien Salzsteppen zur Genüge zu sehen Gelegenheit hatte, sprach sich bald nach Erscheinen der Schrift Pošepnys ausführlich darüber aus in einer Abhandlung, welche den Titel führt: „Zur Theorie der Entstehung der Salzsteppen und der angeblichen Entstehung der Salzlager aus Salzsteppen“ (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1877, S. 341—374), worin er die ganze interessante Frage aufrollt und mit der ihn auszeichnenden Schärfe und gestützt auf seine Belesenheit von verschiedenen Seiten beleuchtet. Er sagt z. B., indem er eine Annahme Blanford's zurückweist, „es gäbe keinen irgendwie stichhältigen Beweis dafür, dass die persischen Salzsteppen in geologisch jüngster Zeit vom Meere bedeckt gewesen seien“. Man findet Salzausblühungen bis in 6000 Fuß Höhe, und doch finde sich nicht eine Spur eines nachpliocänen Meeres. Deshalb werde man aber doch nicht einen atmosphärischen

Transport annehmen können. Und in der That, wäre es nicht ein eigenthümliches Zusammentreffen, dass gerade die versalzensten Gebiete der Erde, all die ausgedehnten Hochplateaus mit Salzsteppen, weitab vom Ocean liegen und zugleich die niederschlagsärmsten Gebiete vorstellen, die wir auf der Erde kennen! — Tietze weist mit Recht auf den Umstand hin, dass auch die Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung, wie sie die Analysen aus den verschiedenen, oft benachbarten Becken ergeben haben, dagegen sprechen. Nur zwei Beispiele von vielen: Im Salzsee von Utah verhält sich nach den von Pošepny selbst gemachten Zusammenstellungen Chlornatrium : Chlormagnesium wie $90.65 : 1.11$, im südlich davon liegenden Seviersee aber wie $72.11 : 11.92$. Der Urmiasee zeigt in 100 Theilen Salz 86.37 Theile Chlornatrium, 6.94 Theile Chlormagnesium und 6.08 Theile Magnesiumsulfat. Im Wasser des nicht ferne im Westen liegenden Wansee finden sich dagegen in 100 Theilen des Salzes 46.54 Theile Chlornatrium, 31.20 Theile Natriumcarbonat und 14.84 Theile Natriumsulfat (nach Abich). Solche Verschiedenheiten können nur von verschiedenen localen Verhältnissen abhängen.

Für Persiens Salzsteppen und die Erklärung ihrer Entstehung weist Tietze auf die miocäne (mitteltertiäre) Salzformation hin, ebenso führt Abich das Salz des Urmiasees auf benachbarte tertiäre Salzlager zurück, andererseits müssten die bei Gesteinsverwitterung entstehenden Salze wohl berücksichtigt werden.

Ebenso führt Ochsenius die südamerikanischen Natronsalpetermassen, sowie die Salze in den Pampas als secundäre Bildungen auf die kolossalen Steinsalzmassen der nordchilenischen, bolivianischen und peruanischen Anden zurück, welche seinerzeit direct aus dem Ocean abgesetzt worden sind (Ochsenius, Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen, Stuttgart 1887).

Das Räthselhafte der für Böhmen gefundenen Salzabfuhr durch die Elbe verschwindet sofort, wenn man nicht mit Pošepny einen Verbrauch von 8000 Tonnen Salz annimmt, wobei nur 1·6 *kg* auf einen Kopf entfallen würden, sondern 10 bis 12 Wiener Pfund wie für Wien — und die Landbevölkerung braucht mehr Salz als die größere Mengen Fleisch verzehrenden Städter — das wären also 5·6—7·25 *kg* und gäbe dies schon einen Salzverbrauch von 25.000 bis 36.000 Tonnen! Warum ich die nach Tietzes Aufsatz als abgethan zu betrachtende Frage doch mit einbezog? Wenn jemand diese Frage aufwerfen sollte, so ist die Antwort einfach: Weil sie lehrreich genug erscheint, um auch in unserem Kreise erörtert zu werden, und weil sie trefflich geeignet ist, zu zeigen, wie scharf alle Gründe für und wider die eine oder andere Theorie erwogen werden müssen.

Damit werden wir aber auf die Frage der Bildung der Salzlagerstätten überhaupt geführt, und wenn wir auch die Vorstellung, das Salz entstamme dem Meere, ausgesprochen haben, so muss dieselbe doch etwas näher in Betracht gezogen werden, denn so nahelie-

gend sie auch ist, so kommen auch in neuester Zeit noch Fälle vor, die von der Schwierigkeit Zeugnis ablegen, die Entstehung der Salzlager zu erklären. So ist ganz vor kurzem eine in polnischer Sprache geschriebene Arbeit von L. Szajnocha über die Mineralquellen Galiziens erschienen (Akademie der Wissenschaften in Krakau, Jänner 1891), aus deren uns allein lesbaren, kurzen deutschen Zusammenfassung hervorgeht, dass der Autor „die von Ami Boué und Professor Kreutz zuerst aufgestellte Hypothese des Ursprunges der miocänen Steinsalzlager am Nordfuße der Karpathen aus den kochsalzhältigen Quellen des Sandsteingebietes nochmals erörtert“, wobei er, „den Grundgedanken dieser Theorie vollkommen acceptierend, den aus den Menilitschiefern in der Miocänepoche submarin entspringenden Salzquellen einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Bildung der Salzlagerstätten zuschreibt“.

III. Die Entstehung der Salzlager.

Ältere Ansichten. — Usiglio's Verdunstungsversuche. — Berechnung der Zuflussmengen und der Absätze. — Erklärung der fünf Phasen nach Ochsenius. — Anwendung auf die Stassfurt—Egeln-Mulde. — Geologische Rolle der Mutterlaugensalze nach Ochsenius. — Anhang: Die Mineralien der Steinsalzlager.

Es waren schon in viel früherer Zeit neben jener sich vor allem aufdrängenden Vorstellung, das Salz

entstamme dem Meere, andere Vorstellungen über die Entstehung der Salzlager erörtert worden.

So hat man allen Ernstes die Entstehung des Steinsalzes auf eruptive Vorgänge zurückgeführt. Directe Irrthümer, aber auch die gestörte Lagerung, die so verwickelten Verhältnisse, unter welchen das Steinsalz so häufig auftritt, mögen die starren Anhänger der plutonischen Schule dazu verführt haben, ebenso auch die Thatsache, dass man verschiedene Chloride, und darunter in erster Linie auch das Steinsalz, als Sublimationsproducte an Schlacken und Laven von thätigen Vulcanen findet. Davon aber zu dem Ausspruche Abichs: das reine „primäre“ Steinsalz sei ein eruptives, dem Erdinnern entstammendes Gestein (Comptes rendus 1856, 228) ist freilich ein gewagter Schritt!

Diese Annahme ist übrigens schon viel älter, denn schon v. Klipstein hat sich, indem er (Neues Jahrbuch 1835, S. 265) alles Salz auf das Meer zurückführt, ganz ausdrücklich gegen die plutonische Vorstellung gewendet.

In seinem Buche „Erde und Ewigkeit“ 1857, II, S. 301 meint dagegen Volger: die Salzseen wären „die Sülzwerke, durch welche die Natur für Aufspeicherung mächtiger Salzmassen im Boden der Länder sorgt“.

Nicht ungern sehe ich mich nach den Aussprüchen in älteren Autoren über eine Sache um, und da fand ich schon in Kants „Physischer Geographie“ (II. Aufl.,

Ausgabe von J. J. W. Vollmer, I, S. 151) den Ausspruch: „Wir haben kein anderes Salz, als das wir dem Meere verdanken, selbst das Steinsalz ist voller Muscheln, und Salzquellen haben ihr Salz entweder von unterirdischen Salzlagen oder von gesalzenen Erdschichten, die auch mit Überresten des Meeres angefüllt sind.“

Recht auffällig klingen einige Aussprüche, die sich in Petzholdts „Geologie“ (Leipzig 1845, S. 334 bis 344) finden. Indem er sich gegen die Annahme der eruptiven (plutonischen) Entstehung des Steinsalzes wendet und hinweist, wie diese Annahme hauptsächlich auf irrig gedeutete Aussprüche bei Charpentier (Poggendorffs „Annalen“ 1825) und Leonhard (Vorlesungen über Geologie III, S. 95) gestützt sei, nimmt er an, es sei auf die bei Berührung mit der noch heißen Erdoberfläche verdampfenden Niederschlagswasser zurückzuführen, was eine gewiss falsche Vorstellung ist, doch findet sich der gewiss sehr auffallende Versuch, das Fehlen der leichter löslichen Salze der „salzsauren Magnesia“ ($Mg Cl_2$), des „salzsauren Kali“ (KCl) und der schwefelsauren Magnesia zu erklären, indem er so treffend sagt: „es konnte genug Wasser vorhanden sein, um die schon an der feuchten Luft zerfließlichen Salze gelöst zu erhalten und wegzuführen. . . .“

Dass die „Vermuthung“, das Steinsalz sei ein unmittelbarer Absatz aus dem Meerwasser — dessen Hauptbestandtheil es ist — die nächstliegende sei, gibt

auch G. Bischof (Chemisch-physikalische Geologie 1864, II, S. 16) zu, und er legt dabei ein besonderes Gewicht auf die Thatsache, dass das Liegende der Steinsalzlager stets Gips sein müsse, wenn es ein Absatz aus dem Meere sei, und betont, dass Wechselagerungen von Gips und Salz für Wiederholungen der Vorgänge sprächen; die große Mächtigkeit der Gipslager aber sei auf den Umstand zurückzuführen, dass der Absatz des schwieriger löslichen Gipses schon lange vor dem Beginn der Chlornatriumablagerung beginnt und andauert.

Freilich findet man in demselben für alle Zeiten hochwichtigen Werke (S. 9) noch die Bemerkung, dass die zerfließlichen Chloride, Chlorcalcium und Chlormagnesium, sich in festem Zustande nirgends finden können (!), ein Ausspruch, der doch schon durch die Stassfurter Salzlager, durch das Auffinden der Massen von Carnallit und Tachyhydrit, widerlegt war.

Für die Vorstellung der Vorgänge bei der Entstehung der Salzlagerstätten sind außer den Verdampfungsversuchen in Laboratorien die Wahrnehmungen in den sogenannten Salzgärten von großer Wichtigkeit, wenngleich nicht geleugnet werden kann, dass die Vorgänge in der Natur durch die verschiedensten Umstände viel verwickeltere sein können.

Verdampfungsversuche sind von Usiglio mit Wasser des Mittelländischen Meeres angestellt worden (Annales de chimie et de physique, Paris 1849) und hat derselbe gefunden, dass sich die Vorgänge beim

Verdunsten bis auf 30° Baumé, d. h. etwa auf $\frac{1}{30}$ des Wasservolumens, ganz ähnlich wie in den Salzgärten vollziehen. Zuerst fällt Eisenoxyd und Kalkcarbonat bei 7° Baumé, bei einer Verminderung des Wasservolumens von 1000 auf 533 Volumentheile, also etwa von 1000 Liter auf 533 Liter. Bei 16°75 Baumé oder der Verminderung des Volumens auf 190 beginnt das Ausfallen des Kalksulfates, das bis 30°20 Baumé (Vol. = 30·2) anhält. Bei 26·25° Baumé (Vol. = 95) beginnt der Absatz von Kochsalz, dessen Hauptmasse bei Erreichung von $\frac{1}{30}$ des Volumens sich abgesetzt hat. Zugleich damit fällt aber recht wenig Magnesiumsulfat und Chlormagnesium, so dass von 25° Baumé an sich eine stetige Zunahme des Chlormagnesiums in der Mutterlauge ergibt.

Bei einer Eindampfung bis auf 35° Baumé (Vol. = 16·2) bleiben noch in Lösung:

<i>Na Cl</i> . . .	2·588	Gewichtseinheiten
<i>Mg Cl₂</i> . . .	3·164	"
<i>Mg SO₄</i> . . .	1·845	"
<i>Na Br</i> . . .	0·330	"
<i>K Cl</i> . . .	0·534	"

Im Nachfolgenden sei die Tabelle Usiglios zur Anschauung gebracht (Tab. IV). Ich habe dieselbe jedoch versucht, etwas weiter auszunützen, indem ich mir die Frage stellte, wie viel Wasser fortwährend hätte zugegossen und verdampft werden müssen, um endlich im ganzen Becken die entsprechende Concentration zu erhalten. Diese Rechnungen wurden für alle von Usiglio

angeführten Phasen durchgeführt. Es wurde dabei angenommen: ein Becken von 200 Quadratmeter Grundfläche und 5 m Tiefe (1000 Cubikmeter) und wurde bei jeder Rechnung auf die infolge der gebildeten Absätze verminderten Raumverhältnisse Rücksicht genommen, wie die in der letzten Colonne angegebenen Summen der abgesetzten Massen darthun. Bei jedem der Bestandtheile ist für jede Phase die Summe der gesammten Absätze desselben angegeben, so dass man durch einfache Subtraction der übereinanderstehenden Zahlen den Betrag des Absatzes während eines jeden Zeitraumes findet. Bei einer Concentration z. B., welche gleichkommen würde jener der auf 190 Volumentheile eingedunsteten ursprünglichen Wassermasse, müssten nicht weniger als 4263 Volumentheile Meerwasser in das betreffende Becken geflossen sein u. s. w. — Die zahlreichen nothwendig gewordenen Rechnungen ließ ich durch meinen Assistenten, Herrn Aug. Rosiwal, durchführen, dem ich hiermit für diese Arbeit besten Dank sage. Ich glaube, dass diese Darstellung nicht unwillkommen sein wird. Als Schlussresultat ergibt sich bei unseren Annahmen einer Zufuhr und Eindunstung von 48.348 Cubikmeter Meerwasser ein gesammter Salzabsatz von 730 Cubikmeter und ist die angenommene große Salzpfanne von 5 m auf 1.35 m Tiefe verkleinert worden.

(In der Usiglio'schen Tabelle wäre anstatt 1 Liter [= 1000 Cubikcentimeter] 1000 Cubikmeter und statt Grammen Tonnen zu setzen.)

Aus der Tabelle Usiglios geht hervor, dass auch bei Concentration auf 35⁰ Baumé der weitaus größte Theil des Chlormagnesiums und alles Chlorkalium in Lösung bleiben. Es müssen, wie wir sehen werden, ganz besondere Umstände eintreten, wenn diese Mutterlaugensalze zur Ablagerung gelangen sollen, wie es vor allem im Stassfurter Revier und zu Kalusz geschehen ist.

Die Vorgänge im Laboratorium stimmen nun freilich wie gesagt nicht in allen Details mit jenen in den Salzgärten und in diesen wieder gewiss nicht mit den großen Vorgängen überein, die zur Salzlagerbildung führten; da aber bis zu 20⁰ Baumé wenigstens gewisse Analogien sicherlich bestehen, musste der Usiglio'schen Versuche in erster Linie gedacht werden.

Wie verschieden übrigens die Vorgänge beim Verdampfen des Meerwassers in Salzgärten sind, das zeigt die Verschiedenheit der Absätze in denselben, woraus wir ersehen, wie dieselben nicht nur von den klimatischen Verhältnissen in den verschiedenen Fällungsperioden, sondern auch von anderen, nicht sicher gestellten Factoren abhängen. Dies mag durch die auf Seite 593 unten angeführten Beimengungen des portugiesischen Seesalzes bewiesen werden. (Ochsenius, Nova acta, XL. Bd., S. 150 nach Wanklyn).

Wie veränderlich die Verhältnisse sind, geht z. B. auch aus der Angabe Balards über die Salzgärten von Camargue (Ochsenius, Nova acta, XL. Bd., S. 140) hervor, wonach man daselbst dreierlei Salzabsätze erhält: 1. reines Chlornatrium, 2. Chlornatrium mit

Tabelle IV. Usiglios Resultate bei der Verdunstung von Meerwasser des Mittelländischen Meeres.*)

Dichte (Grade Baumé)	Volumen	Salzabsätze in Gramm aus einem Liter (= 1000 Volumen Einheiten) Meerwasser bei 21° C (spec. Gew. 1·0258 = 35° Baumé)								Zufluss (total)	Abgeschiedene Salze der gesamten Wassermenge (Volumina)							Summe (Spec. Gew.)
		Eisen- oxyd	Calcium- carbonat	Calcium- sulfat	Chlor- natrium	Magne- sium- sulfat	Chlor- magne- sium	Brom- natrium	Chlor- kalium		Fe ₂ O ₃ (3·6)	CaCO ₃ (2·7)	CaSO ₄ + aq. (2·3)	NaCl (2·0)	MgSO ₄ (2·6)	MgCl ₂ (1·6)	NaBr (2·0)	
3·5	1000	..	..	..	..	..	..	..	..	0	..	..	..	..	..	..	..	..
7·1	533	0·0030	0·0642	..	..	..	..	..	..	876	0·0015	0·0446	..	..	..	..	..	0·0461
11·5	316	..	Spur	..	..	..	..	..	..	2164	0·0025	0·0753	..	..	..	..	..	0·0778
14·0	245	..	Spur	..	..	..	..	..	..	3082	0·0033	0·0972	..	..	..	..	..	0·1005
16·75 (sp. G. = 1·129)	190	..	0·0530	0·5600	..	..	..	..	..	4263	0·0042	0·2284	1·2815	..	..	..	..	1·5141 ¹⁾
20·60	144·5	..	..	0·5620	..	..	..	..	..	5917	0·0055	0·3002	3·3741	..	..	..	..	3·6798
22·00	131	..	..	0·1840	..	..	..	..	..	6631	0·0061	0·3311	4·3329	..	..	..	..	4·6701
25·00 (sp. G. = 1·217)	112	..	..	0·1600	..	..	..	..	..	7923	0·0071	0·3873	5·6866	..	..	..	..	6·0810 ²⁾
26·25 (sp. G. = 1·218)	95	..	..	0·0508	3·2614	0·0040	0·0078	..	..	9516	0·0084	0·4564	6·9342	17·1485	0·0158	0·0516	..	24·6149
27·00 (sp. G. = 1·225)	64	..	..	0·1476	9·6500	0·0130	0·0356	..	..	14499	0·0124	0·6727	11·2158	100·0634	0·1008	0·4208	..	112·4859 ³⁾
28·50 (sp. G. = 1·241)	39	..	..	0·0700	7·8960	0·0262	0·0434	0·0728	..	23756	0·0196	1·0633	18·4738	254·9011	0·4067	1·3305	0·8918	277·0868
30·20 (sp. G. = 1·259)	30·2	..	..	0·0144	2·6240	0·0174	0·0150	0·0358	..	29725	0·0246	1·3335	23·3602	359·9649	0·7159	1·9572	1·6684	389·0247 ⁴⁾
32·40	23	..	..	..	2·2720	0·0254	0·0240	0·0518	..	37517	0·0308	1·6716	29·2845	495·0090	1·2749	3·0313	3·0891	533·3912
35·00	16·2	..	..	..	1·4040	0·5382	0·0274	0·0620	..	48348	0·0395	2·1416	37·5193	668·8509	11·8484	4·7274	5·4875	730·6146 ⁵⁾
Summe d. Salzabsätze		0·0030	0·1172	1·7488	27·1074	0·6242	0·1532	0·2224	..									
Gelöst in der 16·2 Vol. Einh. der Mutterlauge von 35° Baumé blieben		..	..	..	2·5885	1·8545	3·1640	0·3300	0·5339									
In dem Liter Meerwasser waren somit enthalten		0·0030	0·1172	1·7488	29·6959	2·4787	3·3172	0·5524	0·5339									

Der Salzgehalt in 1 Liter Meerwasser von 1·0258 sp. G. ist somit: 38·4471.

Die Tiefe des bei unserer Berechnung angenommenen Beckens beträgt bei
1) noch 4·993, bei 2) 4·97, bei 3) 4·44, bei 4) 3·05 und bei 5) nur mehr 1·35 Meter.

*) Die auf der linken Seite der Tabelle IV gegebene Zusammenstellung
findet sich: „Annales de chimie et de physique“ 27, 1849, Seite 185. (J. Roth:
Allgemeine und chemische Geologie I, 1879, Seite 547.) — Die rechte Hälfte
der Tabelle gibt die Volumina der bei fortgesetztem Wasserzufluss resul-
tierenden Salzabsätze unter denselben Dichtigkeitsverhältnissen an.

einer fast gleichen Menge von Magnesiumsulfat und 3. (Sommersalz) diese beiden Salze und die Kalisalze.

Vielleicht darf auch unter den Umständen, welche bei der Abscheidung der Salze wesentliche Verschiedenheiten bedingen können, erwähnt werden, dass aus den 35^o Baumé-Solen der Salzgärten bei Temperaturverminderungen sich viel mehr Magnesiumsulfat absetzt, so dass sich der Wechsel von Tag und Nacht in den Salzablagerungen auf das deutlichste zu erkennen gibt.

Bevor wir auf die theoretische Erörterung der Vorgänge bei der Bildung der Steinsalzlagerstätten eingehen, wollen wir noch die Lagerungsverhältnisse der berühmtesten derselben, jener von Stassfurt-Egeln, etwas genauer in Betracht ziehen, da gerade diese es waren, welche zu eingehenderen Studien anregten.

Jede Bohrung in diesem Gebiete ergab und ergibt daselbst andere Verhältnisse und oft auffallende Verschiedenheiten in recht nahegelegenen Punkten.

Salz von	enthält	Magnesiumsulfat	Chlormagnesium	Unlösliches
Lissabon	1. Ernte ¹⁾	0·565	0·777	0·045
	2. Ernte ²⁾	2·337	2·151	0·008
Setubal	1. Ernte	0·268; 0·477	0·097; 0·434	0·015; 0·022
	2. Ernte	1·881; 1·789	1·824; 2·000	0·030; 0·047
Aneiro	1. Ernte	0·903	1·134	0·067
	2. Ernte	0·165	0·181	0·396

1) Füllungsperiode vom Herbst bis Juni.

2) Vom Juni bis in den Herbst.

In den preußischen Schächten von Stassfurt ergab sich beispielsweise folgendes Profil:

1. Zu unterst die Steinsalzregion: das vielfach gewundene Steinsalz ist auf 240 *m* aufgeschlossen (ohne dass das Liegende erreicht wäre), Steinsalzschiechten mit dünnen Anhydritzwischenlagen (95⁰/₀ Steinsalz, 5⁰/₀ Anhydrit) setzen die Region zusammen. Das Steinsalz ist grauweiß bis wasserhell und enthält nur wenig Chlorkalium und Chlormagnesium.

2. Darüber liegt die Polyhalitregion, 62 *m* mächtig: unreines Steinsalz mit Polyhalitschnüren im Verhältnis von 91·2 Chlornatrium : 0·7 Anhydrit : 6·6 Polyhalit : 1·5 Chlormagnesium.

3. Die Kieseritregion, 56 *m* mächtig. Neben Steinsalz (65⁰/₀) treten Kieserit (17⁰/₀), Carnallit (13⁰/₀), Chlormagnesium (3⁰/₀) und Anhydrit (2⁰/₀) auf.

4. Die Carnallitregion ist 42 *m* mächtig. Neben Steinsalz (25⁰/₀) Kieserit oder Bittersalz (16⁰/₀) und die Chloride: Carnallit (55⁰/₀), durch Eisenglanzschüppchen roth gefärbt, das wichtigste Industriesalz, mit Sylvinnestern, Stassfurtit (Magnesiumborat mit Chlormagnesium), Kainit (Magnesiumsulfat mit Kalium—Natrium-Chlorid) und Tachyhydrit, dem leichtest zerfließlichen Calcium—Magnesium-Chlorid.

Schon E. Reichardt hat (Neues Jahrbuch für Mineralogie 1866, S. 349) aufmerksam gemacht, dass die Verhältnisse, wie sie in Stassfurt vorliegen, mit den von Usiglio gefundenen Ergebnissen in Vergleich zu bringen seien und mit denselben „genau harmo-

nieren“, die sogenannten bunten oder Kalisalze Stassfurts seien eben die Salze der concentrirtesten Mutterlauge des Meerwassers, die sich nach Usiglio in folgender Aufeinanderfolge ausschieden: Magnesiumsulfat, Chlornatrium, Kalium—Magnesiumsulfat, Chorkalium, Chlormagnesium (Carnallit) und endlich Chlormagnesium und von Zeit zu Zeit in kleinen Mengen Chorkalium.

Karl Ochsenius beschäftigte sich mit dieser Frage bis zur Stunde am eingehendsten. Seine erste Veröffentlichung erschien (Halle) 1877¹⁾ — es ist das Hauptwerk in dieser Beziehung. Im Nachfolgenden will ich es versuchen, seine Vorstellung in den Hauptzügen zu entwickeln, wobei ich mich einiger bildlichen Darstellungen bedienen werde, welche ich nach den mir von ihm für diesen Zweck in der liebenswertesten Weise zur Verfügung gestellten kleinen Bleistift- und Farbenskizzen ausführen ließ. (Figur 9—11.)

Vor allem müssen wir uns eine Vorstellung von den physikalischen Verhältnissen verschaffen, welche eintreten müssen, damit es zur Abscheidung der im Meerwasser gelösten Stoffe kommt. Aus Usiglios Verdunstungsversuchen und den Vorgängen in den Salzgärten können wir ersehen, dass es zu einer weitgehenden Concentration der Salzlösung kommen muss,

1) „Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlauge salze, unter specieller Berücksichtigung der Flötze von Douglasshall in der Egeln'schen Mulde.“

damit der Ausfall der Salze beginne. Dies wird im Meere nur dort geschehen, wo ein Theil desselben, von der Hauptmasse abgetrennt, in einem niederschlagsarmen Gebiete liegt, dem auch Süßwasserzuflüsse



Fig. 9.

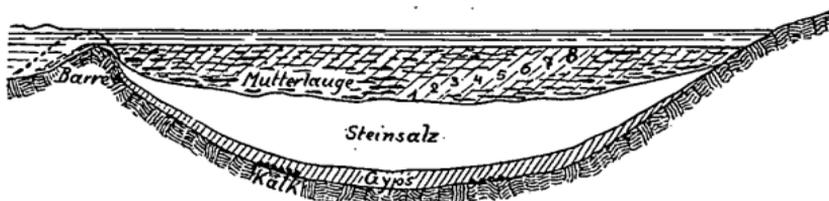


Fig. 10.



Fig. 11.

mangeln, und in dem die durch Verdunstung an der Oberfläche entzogenen Wassermengen durch Nachfüllung vom Hauptmeere aus ersetzt werden. Ein solcher Zustand besteht heutzutage thatsächlich, und

zwar an der Ostseite des Kaspisees in der gewöhnlich Karabugas genannten, aber richtiger als Adschı Darja zu bezeichnenden großen Bucht.

Karl Ernst von Baer schildert in seinen „Kaspischen Studien“ (Ermans Journal, XIV, Berlin 1854, S. 628) die dort bestehenden Verhältnisse folgendermaßen: „Die letzte Befahrung des großen östlichen Busens, den wir gewöhnlich „Kara Bugas“ nennen (schwarzer Schlund), obgleich eigentlich nur der Eingang so heißt, durch den Lieutenant Jerebzow hat bestätigt, was schon durch Karelin berichtet und früher schon der Sage nach bekannt war, dass ununterbrochen Wasser durch den engen Eingang in diesen Busen einströmt, und dass in ihm das Wasser eine so stark gesalzene Sole bildet, dass kein Fisch darin weilt und überhaupt, so viel die Mannschaft bemerken konnte, kein lebendiges Thier. Auf dem Boden aber fand Jerebzow eine Salzschrift von unbekannter Mächtigkeit.“

„Es scheint also dieser Busen eine der Sättigung nahe Salzlauge zu enthalten und eine natürliche Salzpflanze von gigantischen Dimensionen zu bilden, welche das Meer selbst ohne fremde Hilfe speist und in welcher die Steppenhitze die Sole abdampfen lässt.“ Diese Riesenpflanze hat etwa 18.000 Quadratkilometer Flächenraum (3000 Quadratseemeilen) und steht (wie aus den Angaben der Tabelle I zu ersehen ist) in dem auffallendsten Gegensatze zu dem so salzarmen Hauptbecken des Kaspi. Doch steht auch der schmale,

Kara-Su oder Kaidak genannte nordöstliche Theil des Kaspi in einem ähnlichen Gegensatze. Der Abschluss durch eine nahe an die Wasseroberfläche hinanreichende Barre, die eben nur ein Nachrücken vom Meere her zum Ersatze des Abganges ermöglicht, erscheint also Bedingung. Von dieser Voraussetzung geht auch die von Ochsenius mit eben so großer Folgerichtigkeit als Beharrlichkeit durchgeführte Theorie aus, die ich Ihnen nun an der Hand der erwähnten bildlichen Darstellungen, in ihren fünf Hauptphasen, vorführen möchte.

1. Phase: Vom offenen Ocean ist durch eine wie erwähnt beschaffene Barre ein Meerbusen von entsprechender Tiefe abgeschnürt, an einer Stelle dieser Barre, die etwa den Nehrungen der Haffe der Ostsee vergleichbar ist, besteht ein Einlauf — vergleichbar dem schwarzen Schlund oder Karabugas des Adschi Darja — der nur so viel Seewasser einströmen lässt, als infolge der lebhaften Verdunstung verloren geht. Dass dabei den oben erwähnten klimatischen Bedingungen entsprochen werden muss, ist vollkommen klar. In einem Ostseehaff, in regenreicher Zone gelegen und von einem wasserreichen Flusse gespeist, kann keine Salzanreicherung erfolgen, sondern das Gegentheil, und denken wir uns heute den Amu Darja oder Oxus sich in den Adschi Darja-Busen ergießend, wie vielleicht schon in früherer Zeit, und wasserreich genug, so ändern sich die Verhältnisse sofort ganz und gar. Heute liegt das ganze Becken in regenlosem

oder doch sehr trockenem Klima und unausgesetzt verdampft Wasser an der ruhigen glatten Oberfläche; das dadurch salzreicher und dichter werdende erwärmte Wasser wird untersinken und seine höhere Temperatur allmählich dem ganzen Beckeninhalte mittheilen. Von dem an der Barre brandenden Ocean her fließt das schwächer salzige Meerwasser zu, den Salzgehalt des Beckens unausgesetzt vermehrend. Bald wird derselbe so groß sein, dass kein Lebewesen mehr wird bestehen können. Was auswandern kann, wird über die Barre nach dem offenen Meere streben. — Am Strande gedeihen vielleicht noch Pflanzen.

Wenn wir diese Phase etwa bis zu dem Momente ausdehnen wollten, in welchem der erste Absatz beginnt, und wenn wir, trotz aller Verschiedenheit in den Vorgängen, die Ergebnisse in Anwendung bringen wollten, auf die wir bei der weiteren Ausführung der Usiglio'schen Versuche gekommen sind, so dürften wir sagen, es seien, um den ganzen Beckeninhalt auf die Dichte $7 \cdot 1^0$ Baumé zu bringen, auf jene Dichte also, welche einer Eindampfung auf $0 \cdot 533$ des Volumens entsprechen würde, nicht weniger als 876 Volumeneinheiten Wasser zugeflossen. Wohlgemerkt immer unter Usiglios Annahme eines specifischen Gewichtes des zufließenden Wassers = $1 \cdot 0258$, entsprechend dem Salzgehalte von $3 \cdot 76 \%$. Wollten wir die Verhältnisse, wie sie zwischen Kaspi und Adschidarja bestehen, in Rechnung bringen, so würde sich die Menge des zugeflossenen Wassers entsprechend der so viel gerin-

geren Dichte desselben beträchtlich höher ergeben. Der Salzgehalt des Kaspi beträgt ja nur 1.32 ‰.

2. Phase: Der Absatz von Eisenoxyd und Kalkcarbonat leitet die Absätze ein. Bei einer Steigerung der Concentration auf 16.75⁰ Baumé, entsprechend dem specifischen Gewichte = 1.129, beginnt unter derselben Annahme das Ausfallen des Gipses und wird in etwas vermindertem Maße weiter abgelagert werden, bis das gesammte Wasser das specifische Gewicht = 1.217 = 25⁰ Baumé erreicht haben wird.

Bis zur Erreichung dieses Concentrationsgrades und des Beginnes des Absatzes von Chlornatrium werden fast 8000 (7923) Volumeneinheiten Meerwasser zugeflossen sein. Die Gesammtmenge der Absätze aber würde immer erst wenig über 6 Volumeneinheiten betragen.

3. Phase (Fig. 9): Die physikalischen Verhältnisse haben sich nicht geändert, der Salzreichtum nimmt nur immer mehr zu. Der Absatz von Steinsalz steigert sich bei 27.00⁰ Baumé (specifisches Gewicht 1.225) auf das Maximum, ist aber auch bei 28.50⁰ Baumé (specifisches Gewicht = 1.241) noch sehr beträchtlich. Bei weiterer Zunahme der Concentration nimmt er dann aber allmählich ab. Bis zu 30⁰ Baumé (specifisches Gewicht = 1.259) kann man, wie gesagt, die Erfahrungen in den Salzgärten (und Usiglios Versuchsergebnisse) im großen und ganzen zugrunde legen. Neben Steinsalz setzt sich immer noch Kalksulfat ab, es wird ja fortwährend neues Meerwasser zugeführt, außerdem

aber auch der etwa vorhandene Thonschlamm und dann auch, freilich in verhältnismäßig geringen Mengen, Bittersalz (Magnesiumsulfat und Chlormagnesium (man vergleiche die Tabelle IV nach Seite 592); von 27° Baumé an (spezifisches Gewicht = 1.225) wohl auch Bromnatrium. Über dem so entstehenden Steinsalzkörper stehen die Mutterlaugensalze in Lösung.

Am Schlusse dieser Phase sind unter der obigen Annahme (Meerwasserdichte = 1.0258) 14.499 Volumeneinheiten Meerwasser angereichert und 112.5 Volumeneinheiten Salze abgelagert worden.

4. Phase (Fig. 10): Die Verhältnisse werden immer verwickelter. (Die Laboratoriumsversuche lassen uns im Stiche.) Die Salzablagerung aber dauert sicher fort. Die Mutterlaugensalze erreichen — nach der nun allein einzuhaltenden Darlegung, wie sie uns Ochsenius gegeben hat — die Höhe der Zugangsöffnung in der Barre und beginnen auszufließen. Der Einlauf vermindert sich. Das Becken ist einem Bittersee ähnlich. Alle Vegetation ist am Lande vernichtet. Die infolge dessen vermehrten Staubmassen, die vom Lande hereingeweht werden, bedingen eine Vermehrung der Salzthonablagerung über dem Steinsalzkörper. Darüber aber werden die Mutterlaugensalze in gelöster Form stehen, und zwar sind es, nach ihrem Löslichkeitsgrade geordnet,¹⁾ die folgenden: Chlorkalium (*KCl*), Chlornatrium

¹⁾ Die Löslichkeitsverhältnisse der uns hier besonders interessierenden Salze sind recht verschieden und können

(*Na Cl*), Magnesiumsulfat ($Mg SO_4 \cdot H_2O$) [Borate und Kieselsäure], Chlorcalcium ($Ca Cl_2$), Chlormagnesium ($Mg Cl_2$), Brommagnesium ($Mg Br_2$), (eventuell Jodmagnesium $Mg J_2$). — (Jod und Lithium fehlen in dem Stassfurter Reviere: sie sind offenbar abgeflossen, Brom ist nur schwach vertreten.) Die Verdunstungsfähigkeit nimmt ab, da so viel Bittersalze vorhanden sind; der Meerwasserzufluss vermindert sich infolge dessen.

Eine neue Phase wird eingeleitet durch die Bildung des sogenannten „Anhydrithutes“.

Sobald gegen Schluss dieser Phase durch irgendwelche Vorgänge ein vollkommener Abschluss des Beckens, eine Aufhebung der Zuflüsse von außen erfolgt, die Barre also das Meeresniveau erreicht, so wird, wenn sonst die Umstände günstig sind, auch der

die uns in diesem Falle interessierenden in folgende Reihe gestellt werden: In 100 Theilen reinem Wasser sind bei $18.75^\circ C.$ ($15^\circ R.$) löslich: Anhydrit 0.2 Theile, Gips 0.5 Theile, von Kainit ($Mg SO_4 + K Cl + 3 H_2O$) werden in 100 Theilen Wasser bei $17^\circ C.$ 29 Theile gelöst. Chlorkalium 34.5 Theile, Chlornatrium 36 Theile, Kieserit ($Mg SO_4 + H_2O$) 40.9 Theile, Polyhalit 50 Theile, Bittersalz ($Mg SO_4 + 7 H_2O$) 60.32 Theile, Carnallit 64.54 Theile, Tachyhydrit 160.34 Theile. Diese Löslichkeitsverhältnisse gestalten sich aber auffallend verschieden bei Gegenwart mehrerer Salze. Ein mit Chlormagnesium gesättigtes Wasser vermag nur etwas weniger als 2.5 Theile Chlornatrium aufzulösen, Wasser, das mit Chlornatrium und Chlormagnesium gesättigt, nur mehr etwas weniger als einen Theil Bittersalz. In Figur 10 ist die Löslichkeitsreihe der Mutterlaugensalze mit 1—8 bezeichnet.

Absatz der Mutterlaugensalze erfolgen. Diese Modification müssen wir annehmen, um die Entstehung dieser Mutterlaugensalzabsätze zu Stassfurt und Kalusz zu erklären. (In der bildlichen Darstellung der Phase 4 versinnlicht uns die punktierte Linie über der bisherigen Barre diesen Zustand.) Wir werden hierauf bei der speciellen Betrachtung der Verhältnisse in den Stassfurt-Egelter Revieren zu sprechen kommen.

5. Phase (Fig. 11): Das oben in verlangsamtem Maße einströmende Meerwasser scheidet, wenn der Beckenabschluss nicht eintritt, zwar noch Salze aus, doch treffen diese den Mutterlaugenspiegel und vereinigen sich mit der Lösung der Mutterlaugensalze. Calciumsulfat, als am schwersten löslich, sinkt in die Tiefe und wird beim Passieren der concentrirten Salzmassen wasserfrei gemacht, in Anhydrit umgewandelt¹⁾ und lagert sich als solcher über dem Steinsalze ab: Anhydrit hat. In Vertiefungen desselben bleiben Mutterlaugenreste stehen oder sie werden von Salzthon aufgesaugt, um vielleicht später wieder fortgeführt zu werden, vielleicht nach Barrenschluss und nach Hebung des Ganzen.

Die größten Schwierigkeiten macht die Erklärung des Festwerdens der Mutterlaugensalze. Dasselbe erfolgt, wie E. Pfeiffer dargethan hat, erst bei einer

¹⁾ Diese Umwandlung von Gips in Anhydrit stellte sich auch Mohr (Geschichte der Erde, 1866, S. 42) schon vor als eine Folge der wasseranziehenden Mutterlaugensalze, die dem Gips sein „Hydratwasser“ entziehen.

Temperatur von 50° C. (Archiv für Pharmacie 1884, S. 81; Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, XXXIII, 1883, S. 71; Neues Jahrbuch Ref. 1887, I., 46—48), bei einem Temperaturgrad, welcher in Steppen freilich nicht selten beobachtet wurde. Festgehalten aber werden sie erst durch eine undurchlässige Decke werden.

Besonders die letzte und vorletzte Phase wird im einzelnen recht verschiedenartigen Verlauf nehmen können. — Durch das Gesagte sind wir nun auch in der Lage, den oben erwähnten Gegensatz in dem Mengenverhältnisse zwischen Chlornatrium und Magnesiumsulfat im Kaspisee ($8.5 : 3.25$) einer- und im Mittelmeer ($28.8 : 2.2$) andererseits zu erklären, denn unter den über die Barre ins Meer sich ergießenden Mutterlaugensalzen spielt ja das Magnesiumsulfat unter Umständen eine recht wichtige Rolle.

Dass jeder Sturm die Verhältnisse der abschließenden Barre und dadurch die Intensität des Zu- und Abflusses verändern kann, ist klar, und ebenso dass dadurch nicht nur Änderungen der Mischungsverhältnisse und Concentrationsgrade, sondern auch Veränderungen in den sich absetzenden Salzen herbeigeführt werden müssen.

Das wäre in den Hauptzügen die Vorstellung, welche wir uns nach Ochsenius von den Vorgängen bei der Entstehung eines Salzlagers zu bilden haben, von denen er selbst sagt, dass „die meisten der einzelnen Momente schon Erwähnung bei anderen ge-

funden“ hätten, dass aber noch niemand „den Verlauf der Vorgänge im Zusammenhange so weit erörtert“ habe, „dass die Bildung eines hangenden Anhydritlagers als directes Product nothwendigerweise“ hervorgehen, und dass „das Fehlen der Mutterlaugensalzablagerung die Regel sein müsse, wie sie bis jetzt alle bekannten Salzflötze der Erde (mit den bekannten zwei Ausnahmen) feststellen“ (Hauptwerk 1877, S. 56).

Auf die zahlreichen Modificationen der Salzabsätze in der Natur ist im Vorhergehenden mehrfach hingewiesen worden. Auch die längere Fortdauer von gipsfreien Absätzen von Salz kann wohl ohne sonderliche Schwierigkeit verstanden werden. Warum sollte nicht der Ausfall von Gips unter Umständen bei seiner Schwerlöslichkeit räumlich, etwa auf dem Eingang nähere und vielleicht seichtere Beckentheile beschränkt sein? oder warum sollte nicht etwa durch Abschluss an der Barre zeitweise fast gipsfreies Salz zur Abscheidung kommen? ¹⁾

¹⁾ O. H. Lang hat gegen die von Ochsenius ausgesprochene Theorie (Grundriss der Gesteinskunde, S. 120) den Einwand erhoben, dass nach dieser Theorie „mit der Steinsalzabscheidung auch immer eine solche von Calcium- und Magnesiumsulfat miterfolgen müsse, die wir in Mengung (nicht Schichtung und Wechsellagerung) mit dem Steinsalze zu finden erwarten dürften; die Bildung so ungeheurer, fast ganz homogener Steinsalzmassen, wie wir sie von Stassfurt und anderen Orten kennen, scheine demnach noch nicht genügend erklärt. Nun ist aber thatsächlich gipsfreies Salz sehr selten.

Einige der Verhältnisse des Stassfurt-Egeln'schen Gebietes müssen wir aber noch genauer ins Auge fassen.

Die polyhalitreiche Region des Steinsalz-körpers von Stassfurt scheint uns an den Schluss der dritten Phase zu versetzen. Calciumsulfat wird dem einfließenden Meerwasser entfallen, Magnesiumsulfat ist reichlich vorhanden und zum Absatze geneigt und würde gewiss ausreichen, um aus dem reichlich in Lösung befindlichen Chlorkalium auch Kaliumsulfat zu bilden (Ochsenius 1877, S. 34).

Die zahlreichen dünnen Anhydrit- und Polyhalit-schnüre („Jahresringe“) des Stassfurter Hauptsalz-lagers führt Ochsenius naturgemäß auf chemische Um-setzungen zurück. Zuerst (1877, S. 34) dachte er an klimatische Vorgänge, etwa an im Winter eintretende feuchte Seebrisen, Windstillen, Nebel, wodurch die Verdunstung vermindert und dadurch wohl der Stein-salz-, nicht aber der Gipsniederschlag aufgehoben werden könnte.

(Nur eine Analyse des Wieliczkaer Salzes nach G. Bischof weist fast nur Chlornatrium auf, nebst Spuren von Chlormag-nesium.) Ein paar Analysen von Steinsalzproben (aus Kerl's „Salinenkunde“, S. 5) mögen das Gesagte beweisen.

Salz	Na Cl	Mg Cl ₂	Ca Cl ₂	Ca SO ₄	Na ₂ SO ₄	Mg SO ₄	Unlös-liches
1. von Chester . .	98·3	0·05	—	0·65	—	—	1·00
2. „ Erfurt . . .	98·041	0·063	0·41	1·486	—	—	—
3. „ Stassfurt . .	90·98	—	—	—	—	9·02	—
4. „ „ . . .	25·09 bis 94·57	0 bis 5·02	—	0·89 bis 7·04	0 bis 1·57	0 bis 42·07	0 bis 2·23
5. „ Norwich . .	98·3	0·2	0·2	0·2	—	0·23	—
6. aus Catalonien .	98·554	0·013	0·994	0·439	—	—	—

Auch E. Pfeiffer hat an einen jährlichen regelmäßigen Wechsel in dem Absatze von Steinsalz und Anhydrit gedacht. Neuerlich hat Ochsenius (Chemikerzeitung 1887, Nr. 56) die gestörten Ausströmungen der Mutterlaugensalze dabei besonders berücksichtigt, wie sie etwa durch periodische Windströmungen veranlasst werden könnten. Auf diese Weise könne Magnesiumsulfat zurückgetrieben werden und dadurch, „da Gips in einer gesättigten Lösung von Magnesiumsulfat total unlöslich ist“, müsste also im einströmenden Meerwasser enthaltenes Calciumsulfat zum Absatz gebracht werden, das bei Gegenwart des Kalium- und Magnesiumsulfats auch Polyhalit bilden könnte. Dies nur als ein Beispiel, welche Verwicklungen local eintreten können.

Man könnte aus der Mächtigkeit der zwischen je zwei Anhydritlagen auftretenden Steinsalzkörper Schlüsse auf die physikalischen Verhältnisse während der einzelnen Perioden („Jahre“) schließen. Nach der Anzahl der „Jahresringe“ hat man die Dauer der Absätze der Steinsalzregion auf 2000 (Pfeiffer auf 8000 Jahre) geschätzt.

Die Kieseritregion darüber können wir uns in die vierte Phase verlegt denken, ebenso auch die Kainit- und Carnallitabsätze.

Darüber tritt nun im fiscalischen Grubenfelde, im Südwestflügel, eine Salzthonschichte auf, die wir nach Ochsenius gleichfalls in die vierte Phase verlegen müssten, und darüber folgt dann der Anhydrit und

die Decke von Thonen, Schiefnern, Sandsteinen, Kalken u. s. w.

Schon im Agatheschacht, kaum 3 *km* nordwestlich von Stassfurt, liegt nun aber über dem Anhydrit Steinsalz. Für sich allein bekannt, hätte man sicherlich den ersteren als den Beginn der Salzbeckenbildung erklärt. Über den gegen SO. und gegen NW. hin auskeilenden Salzkörper liegt stellenweise Anhydrit in einer ganz dünnen Lage, mit Kalisalzeinschlüssen, theilweise aber Thon, also eine Art Wiederholung der Erscheinungen.

Dieser Anhydrit wird weiter gegen NW. gar nicht mehr angetroffen, unmittelbar über dem in 128 *m* Mächtigkeit nicht durchteuften Carnallit lagert im Douglashaller Grubenreviere Steinsalz mit Anhydrit und Thoneinlagerungen.

Das Profil von Douglashall ergab sich bei der Schächtabteufung wie folgt: Jüngster Schutt; bei 33 *m*: Thone mit Gips; bei 58 *m*: Anhydrit; bei 60 *m*: Salzthon mit Steinsalzkrystallen, Glauberit (in größerer Tiefe); bei 83 *m*: Steinsalz mit Anhydrit und Thoneinlagerungen. Bei 234 *m* Tiefe steht reiner Carnallit an. Dieser besitzt nach allem hier eine weitaus größere Mächtigkeit als im Stassfurter Profil.

Der vollzogenen Ablagerung der Mutterlaugensalze bei Stassfurt folgte Ablagerung von Thonschlamm und kam es zur Bildung des Anhydrithutes, „eine zweite Meeresbedeckung, wahrscheinlich durch außer-

gewöhnliche Hochflut, aber ohne Barrendurchbruch hervorgerufen“ (Ochsenius).

Im NW. dagegen hat die Ablagerung von Mutterlaugensalzen fortgedauert. Der darauf folgende Meeres- einbruch (aus NW. her) fand den NW. (Douglasshall) in der vierten, den SO. (Agathe) aber in der fünften Phase und zum Theile wohl der Überflutung entrückt (Stassfurt). Mit einemmale gieng es im NW. aus der vierten Phase in den Beginn der dritten zurück und folgten vorherrschende Chlornatriumabsätze, die bei Douglasshall (der Einbruchsstelle näher) mit Thon- und Anhydritbänken, bei Agathe rein zur Ablage- rung kamen, vielleicht weil in der NW.-Bucht aller Gips ausfiel und nur gipsfreies Wasser weiter nach SO. strömte. Darauf folgt nur im NW. die Salzthonabla- gerung mit Glauberit, der älteren Salzthonbildung im SO. vergleichbar, und endlich in einer ansehnlichen Menge ein Hut von Anhydrit.

Zum Schlusse trat ein neuerlicher großer Meeres- einbruch ein, der die ganze Mulde umfasste und die über den Salzen und dem Anhydrit in mächtigen Massen abgelagerten Thone, Letten und dergleichen absetzte.

Dies wäre eine Vorstellung, wie sie sich uns als möglich aufdrängt. Nur wenig verschieden davon ist die von Ochsenius viel ausführlicher dargelegte „Ent- wicklungsgeschichte der Hangendgebilde“ (Hauptwerk 1877, S. 148—151).

Dass in späterer Zeit mehrfache Störungen auch dieses Gebiet betroffen haben, ist selbstverständlich;

der große Aufbruch des Rogensteinsattels deutet auf eine solche Störung hin, die durch einen aus SW. wirkenden Zusammenschub der Mulde bedingt wurde. Außerdem sind mehrfach Absenkungen und Verwerfungen nachgewiesen, und diese später eingetretenen Vorgänge erklären mit die Verschiedenheit in den Bohrprofilen, deren jedes neue Verhältnisse bietet.

Doch sind alle diese Störungen unbedeutend, wenn man sie mit jenen vergleicht, welche die alpinen Salzlager durchzumachen hatten, ja selbst die jungen Salzlagerstätten am Rande der Karpathen haben weit größere tektonische Veränderungen durchzumachen gehabt als jene Norddeutschlands, was auch sofort erhellt, wenn man bedenkt, dass die alpinen Salzlager alle die großen gebirgsbildenden Veränderungen durchzumachen hatten, als deren gewaltiges Resultat die Aufrichtung der Alpen erscheint, und dass auch das nordkarpathische Salzgebirge, obwohl außerhalb liegend, von jenen Vorgängen noch in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Eine große geologische Rolle schreibt Ochsenius den Mutterlaugensalzen bei den verschiedenen Umwandlungsprocessen zu, und einige der von ihm gegebenen Fingerzeige verdienen in der That eine eingehende Prüfung. Dass die natürlichen Solen und viele der Mineralquellen, dass die Salzseen und dass die Suffioni- oder Borsäurequellen auf Steinsalzbildungen zurückzuführen sind, ist klar. Doch spielen gewiss auch die Umwandlungsprocesse eine wichtige

Rolle in der Natur. Kohlensäureeinwirkung vermag aus Chlornatrium Soda und Trona entstehen zu lassen, Lösungen von Alkalicarbonaten zersetzen Kalksilicate und es entsteht dabei freie Kieselsäure. Der Natriumsalpeter von Chile wird auf die Einwirkung von aus Chlornatrium entstandénem Natriumcarbonat auf Guanostaub zurückgeführt, eine Frage, deren Lösung Ochsenius ein wichtiges Werkchen („Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen“, Stuttgart 1887) gewidmet hat. Dass Schwefelwasserstoff und Schwefelbildung aus der Einwirkung von verwesenden Organismen auf Magnesium- und Kalksulfat entstehen müssen, ist seit langem bekannt, und die interessante Thatsache, welche Andrussow als eines der merkwürdigsten Ergebnisse der russischen Untersuchungen der Tiefen des Schwarzen Meeres hervorgehoben hat (Odessa 1890), dass nämlich die großen Tiefen desselben (1227 Faden als Maximum) als ein stagnierender Sumpf zu betrachten seien, dessen Reichthum an Schwefelwasserstoff jedes Thierleben unmöglich mache, ist sicherlich auf die großen Mengen der von der Oberfläche in die Tiefe sinkenden Diatomeenleichen zurückzuführen, bei deren Verwesung die Sulfate zersetzt und Schwefelwasserstoff erzeugt wird.

Die Andeutung, dass Chlormagnesium und Magnesiumsulfat auf Kalksteine einwirkend die Entstehung von Dolomit zur Folge haben könnte, verdient die eingehendste Berücksichtigung, umsomehr, als

die Entstehung des Dolomites immer noch zu den Rätsheln unter den Gesteinsbildungsvorgängen gehört. Auch die Entstehung der Metallverbindungen und damit der Erzlagerstätten, des Petroleums u. s. w. wird erörtert und betont, dass wir „fast überall in den Ufergebieten früherer oder jetziger Oceane Beweise von der Thätigkeit von Mutterlaugensalzlösungen finden, sei es in der Tiefe unserer Schächte, sei es auf den Höhen der Gebirge, auf welche Oceanwasser nicht gelangen, Mutterlaugensalze aber gehoben werden können“.

Anhang.

Die Mineralien der Steinsalzlager.

Das **Steinsalz** (Chlornatrium) $NaCl$; aus 39·3 Natrium und 60·7 Chlor bestehend, krystallisiert in Würfeln, ist nach den Würfelflächen vollkommen spaltbar, hat die Härte = 2, das specifische Gewicht = 2·1—2·2 und ist in Wasser leicht löslich, und zwar löst sich ein Theil Salz in ca. 2·8 Theilen Wasser, oder es finden sich in 100 Theilen gesättigter Lösung 27 Theile Salz, oder endlich es lösen sich in 100 Theilen Wasser bei 0° Celsius: 35·75, bei 20° Celsius: 35·85 (nach Ochsenius bei 18·75° Celsius 36·2 Theile), bei 100° Celsius aber 39·64 Theile. An feuchter Luft zerfließt es. Sein Geschmack ist reinsalzig. Es ist diatherman, d. h. die Wärmestrahlen gehen sehr vollkommen hindurch, ähnlich wie Lichtstrahlen durch ein durchsichtiges Medium; es färbt die Flamme gelb. Die Krystalle enthalten oft regelmäßig gestaltete Hohlräume („negative Krystalle“), die mit Mutterlauge oder gasförmigen Stoffen erfüllt sind: Kohlenwasserstoff, der beim Auflösen gewisser Salzsorten mit Geräusch entweicht („Knistersalz“ von Wieliczka).

Sylvin (Chlorkalium) KCl ; krystallisiert wie Steinsalz, nur treten sehr häufig Oktaëderflächen auf. Etwas weniger lichtbrechend als Steinsalz, das specifische Gewicht = 2. Der Geschmack ist scharf salzig, bitterlich; färbt die Flamme bläulich-violett. Fundorte: Kalusz und Stassfurt. — Hövelith und Leopoldit sind damit übereinstimmend. 100 Gewichtstheile Wasser (von 18.75° Celsius) lösen 34.5 Theile.

Bischofit $MgCl_2 \cdot 6H_2O$; soll einfach symmetrisch (monoklin) krystallisieren, erscheint nadelförmig, faserig und krystallinisch körnig. Weiß bis wasserhell. Das specifische Gewicht = 1.65, die Härte = 1.7. Geschmack: stechend, salzig-bitter. Mit Carnallit und Kieserit zu Leopoldshall in Anhalt. Zerfließt an feuchter Luft. Löslichkeit in 100 Theilen Wasser von 18.75° Celsius: 167 Theile.

Carnallit $KCl \cdot MgCl_2 + 6H_2O$. Rhombisch. Meist in großkörnigen Aggregaten. Härte = 1. Specifisches Gewicht = 1.68. Geschmack bitter. Farblos, zumeist aber roth (durch Eisenoxydschüppchen). Sehr leicht löslich im Wasser. Es lösen sich 64.5 Theile in 100 Theilen Wasser. An feuchter Luft zerfließend (indem Chlormagnesium abfließt und KCl zurückbleibt). Stassfurt, Kalusz.

Tachyhydrit $CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$. Rhomboedrisch. Zerfließt an feuchter Luft. Gelblich. In 100 Theilen Wasser von 18.75° Celsius 160.3 Theile löslich. Stassfurt.

Boracit $2 Mg_3 B_8 O_{15} + Mg Cl_2$. Im tesseralen System (hemiedrisch) krystallisierend. Härte = 7, spezifisches Gewicht = 2.95. Farblos, grau, grün, gelblich. Zu Lüneburg in Krystallen, in Gips und Anhydrit eingeschlossen; zu Stassfurt im Carnallit und zwar in Krystallen und in strahligen Knollen (Stassfurtit).

Erwähnt sei auch das Vorkommen von Lüneburgit $2 HMg PO_4 . Mg (BO_2)_2 . 7 H_2 O$ im Carnallit von Stassfurt.

Hydroboracit $Ca Mg . B_6 O_{11} + 6 H_2 O$ in weißen oder röthlichen, blätterig-strahligen Aggregaten; Härte = 2, spezifisches Gewicht = 2. Stassfurt.

Glauberit (= Brongniartin) $Na SO_4 . Ca SO_4$. Monoklin krystallisierend. Härte = 3, spezifisches Gewicht 2.8. Farblos, gelblich, roth; an der Luft trüb werdend. Ischl, Berchtesgaden, Westeregeln. Im Wasser wird $Na SO_4$ gelöst, und zwar 17.2 Theile in 100 Theilen Wasser von 18.75^0 Celsius; $Ca SO_4$ bleibt ungelöst.

Anhydrit (= Karstenit, Muriazit, Vulpinit, Gekrösestein) $Ca SO_4$. Rhombisch krystallisierend. Spaltbar in drei aufeinander normalen Richtungen, farblos, weiß, grau, roth. Vor dem Löthrohr zu einem weißen Email schmelzend. Im Haselgebirge, Wieliczka, Stassfurt, Eisleben etc. Schöne Krystalle zu Aussee etc. etc.

Glaubersalz (= Mirabilit) $Na_2 SO_4 . 10 H_2 O$ mit 55.9% Wasser. Härte = 2, spezifisches Gewicht = 1.5. Schöne Krystalle von Hallstatt im Haselgebirge auf feuchtem Salzthon, Aussee etc. Eine Neubildung.

Gips $Ca SO_4 \cdot 2 H_2 O$. Monokline Krystalle. Spaltbar nach einer Richtung vollkommen, nach einer zweiten mit faserigem und nach einer dritten mit muscheligem Bruche. Härte = 2 —, spezifisches Gewicht = $2.3 \pm$. Löslichkeit 0.205 Theile in 100 Theilen Wasser.

Kieserit $Mg SO_4 \cdot H_2 O$. Farblos, grau, gelblich. Meist feinkörnig bis dicht. In Krystallen. (Einfach schief.) Härte = 3, spezifisches Gewicht = 2.6 —. Löslichkeit: 40.9 Theile in 100 Theilen Wasser. Stassfurt, Hallstatt (im Salzthon).

Bittersalz (= Epsomit) $Mg SO_4 + 7 H_2 O$. Rhombisch, in Nadeln, Körnern oder erdig. Härte = 2 +, spezifisches Gewicht = 1.8 —. Im Haselgebirge von Hall und Hallstatt neben Steinsalz und Mirabilit. Löslichkeit in 100 Theilen Wasser von 18.75° Celsius: 60.32 Theile.

„Haarsalz“ (Halotrichit = Keramohalit) $Al_2 (SO_4)_3 + 18 H_2 O$. Wasserhältiges Aluminiumsulfat. Härte = 2 —, spezifisches Gewicht = 1.7 —. Im Salzthon des Dürrenberges bei Hallein.

Polyhalit $2 Ca SO_4 \cdot K_2 SO_4 \cdot Mg SO_4 \cdot 2 H_2 O$. Rhombisch, stenglich oder faserig. Farblos, fleischroth.

Krugit $4 Ca SO_4 \cdot K_2 SO_4 \cdot Mg SO_4 \cdot 2 H_2 O$. Weiß oder grau. Von Neu-Stassfurt.

Blödit: Astrakanit = Simonyit $Na_2 SO_4 \cdot Mg SO_4 \cdot 4 H_2 O$. Monoklin. Härte = $3 \pm$, spezifisches Gewicht = 2.3. Körnig, farblos, grau, röthlich. 48.75 Theile in

100 Theilen Wasser von 18.75° Celsius. Im Anhydrit- und Haselgebirge von Hallstatt, Hall, Stassfurt.

Löweit $2 (Na_2SO_4 \cdot MgSO_4) \cdot 5 H_2O$. Quadratisch. Härte = 3 —, spezifisches Gewicht = 2.4. Zu Ischl mit Anhydrit.

Kainit $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3 H_2O$. Monoklin. Härte = 2, spezifisches Gewicht $2.1 \pm$. Löslichkeit in 100 Theilen Wasser von 18.75° Celsius: 38.75 Theile (nach Ochsenius). Gelblich und grau (honiggelb). Zu Kalusz eine ca. 20 m mächtige Hauptmasse. Kleinere Einlagerungen zwischen Sylvin. (Die wässrige Lösung eingedampft, gibt $KSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6 H_2O$ = Pikromerit oder Schönit.)

Außer diesen Hauptmineralen der Salzlagerstätten wären noch anzuführen: von Elementen das Vorkommen von Schwefel, z. B. im Gips von Perneck bei Ischl und zu Hallein. Von Schwefelverbindungen (Sulfiden): Schwefelkies z. B. im Carnallit, Kieserit und Steinsalz von Leopoldshall. Kupferkies wurde im Kieserit von Hallstatt gefunden, sowie mit Cölestin im Steinsalz von Hall. Zinkblende (ZnS), Realgar (AsS), Auripigment (As_2S_3) und Antimonit (Sb_2S_3) im körnigen Gips von Hall in Tirol. Eisenoxyd (Eisenrahmblättchen, als rothfärbende Einschlüsse) im Carnallit von Stassfurt. Flussspat (CaF_2) wurde im Gips in Spanien und zu Hall auf Anhydrit als Seltenheit gefunden. Magnesit ($MgCO_3$) kommt in dunklen Krystallen im Anhydrit von Hall vor und auch in den Douglashaller Salzen. Cölestin ($SrSO_4$) findet sich

außer zu Hall auch im Steinsalz von Ischl und in schönen Krystallen auf Steinsalz von Hallstatt; auch von Bochnia bekannt. Eisenvitriol ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) wurde zu Hallein im rothen Salz angetroffen.

In den Gesteinen des Salzgebirges von Galizien kommt bei Boryslaw Ozokerit, zum Theil mit Steinsalz zusammen, vor. Auch Erdöl gehört zu den Mineralsubstanzen des salzführenden Gebirges an der Grenze gegen die Karpathensandsteine, und zwar sowohl halbflüssiger Bergtheer, als auch die leichtflüssige Naphta.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Toula Franz

Artikel/Article: [Das Salzgebirge und das Meer. 537-618](#)